

UNIVERSITÀ CATTOLICA DEL SACRO CUORE
Sede di Piacenza

Dottorato per il Sistema Agro-alimentare

ciclo XXXIII

S.S.D: AGR/12

**SVILUPPO SOLUZIONI INNOVATIVE PER IL MIGLIORAMENTO
DELL'ASSISTENZA TECNICO - AGRONOMICA PER
UN'AGRICOLTURA SOSTENIBILE**

Tesi di Dottorato di: DAVIDE VERCESI
Matricola: 4713483

Anno Accademico 2019/2020



UNIVERSITÀ
CATTOLICA
del Sacro Cuore

**Dottorato per il Sistema Agro-alimentare
ciclo XXXIII**

S.S.D: AGR/12

**SVILUPPO SOLUZIONI INNOVATIVE PER IL MIGLIORAMENTO
DELL'ASSISTENZA TECNICO - AGRONOMICA PER
UN'AGRICOLTURA SOSTENIBILE**

Coordinatore: Ch.mo Prof. Ajmone Marsan

Tesi di Dottorato di: DAVIDE VERCESI

Matricola: 4713483

Tutor: Prof. VITTORIO ROSSI

Anno Accademico 2019/2020

1. INTRODUZIONE

- 1.1. Terrepadane
- 1.2. La mission
- 1.3. I numeri sul territorio
- 1.4. Le zone viticole di competenza:
 - 1.4.1. Oltrepò pavese
 - 1.4.2. Piacenza
 - 1.4.3. Franciacorta
 - 1.4.4. Valcalepio
- 1.5. Principali avversità da combattere e modelli esistenti
- 1.6. Normativa italiana sull'uso sostenibile dei fitofarmaci
- 1.7. L'assistenza tecnica
- 1.8. La sostenibilità: la vision di Terrepadane
- 1.9. Obiettivi del progetto: Sviluppo di soluzioni innovative come unico mezzo per raggiungere la vision di Terrepadane - Horta e vite.net®

2. MATERIALI E METODI

- 2.1. Gli attori del progetto
 - 2.1.1. Primo anno
 - 2.1.2. Secondo anno
 - 2.1.3. Terzo anno
- 2.2. I monitoraggi in campo

3. RISULTATI

- 3.1. La stagione 2018: andamento climatico e malattie
- 3.2. La stagione 2019: andamento climatico e malattie
- 3.3. La stagione 2020:

UP Montecalvo Versiggia

UP Canneto Pavese

UP Rovescala

3.4. Il questionario di gradimento

3.5. I pareri delle aziende

4. CONCLUSIONI

4.1. Punti critici: l'analisi SWAT

4.2. Obiettivi raggiunti

4.3. Prospettive per il futuro

5. BIBLIOGRAFIA

**Sviluppo soluzioni innovative per il miglioramento
dell'assistenza tecnico-agronomica
per un'agricoltura sostenibile**

RIASSUNTO

Nel corso del triennio del Dottorato di ricerca, svolto in concomitanza con l'abituale lavoro all'interno della mia azienda (Consorzio Agrario Terrepadane, fornitore di mezzi e servizi per l'agricoltura), lo scopo è stato di approfondire le conoscenze sui **sistemi di supporto alle decisioni** (DSS, Decision Support Systems) per la coltivazione della vite secondo i principi della viticoltura sostenibile, compresa la produzione integrata.

Questi sistemi sono stati progettati per aiutare gli agricoltori e i tecnici agronomi (in particolare coloro che assistono nelle decisioni relative alla gestione del vigneto o che forniscono assistenza tecnica al viticoltore) a prendere provvedimenti più mirati e quindi più corretti. Gli output di questi modelli, aggiornati di ora in ora, offrono infatti informazioni su aspetti chiave della gestione del vigneto: la difesa dalle malattie fungine e dagli insetti, la protezione assicurata dall'ultimo trattamento effettuato, lo sviluppo della pianta, gli stress termici e idrici.

In passato - e ancora oggi in molti casi - i metodi tradizionali utilizzati per misurare parametri fisiologici, morfologici o ambientali, come lo stress idrico della foglia, la superficie fogliare, il volume della chioma, l'umidità del suolo, la radiazione solare, ecc. richiedevano tempi lunghi e presentavano una complessità tale da poter essere applicati solo in pochi casi, limitati al campo sperimentale e su piccola scala.

La possibilità di ottenere informazioni analoghe e parametri correlabili con quelli ottenuti con questi metodi manuali in modo più semplice e rapido pertanto consente di estendere il monitoraggio e l'uso di grandezze misurabili nella pratica quotidiana della gestione del vigneto.

Durante questa ricerca sono state individuate, nel corso della stagione, alcune aziende viticole rappresentative del territorio di lavoro (Val Nure, Val Tidone e valli dell'Oltrepò Pavese). Le informazioni relative al rischio di infezione fungina o alla presenza di insetti dannosi generate dal DSS Vite.net® per queste aziende, insieme ai dati rilevati nei vigneti attraverso sensori, monitoraggi visivi, l'integrazione di nuove tecnologie di rilevamento georeferenziato e di mappatura, hanno permesso di avere una

maggior conoscenza dell'evoluzione della coltura nella zona e, quindi, di prestare una migliore assistenza tecnica alle aziende.

Nella ricerca si è studiato il modo migliore di trasferire l'informazione tecnica ai viticoltori, utilizzando anche le nuove metodologie della comunicazione, studiando itinerari diversi di comunicazione in funzione delle caratteristiche dei riceventi. Si è suddivisa la clientela in fasce, dalle aziende "leader" (più "evolute" dal punto di vista tecnologico, in grado di gestire in autonomia una parte delle informazioni ricevute dai DSS) a quelle di dimensioni più piccole, dove il livello di assistenza tecnica è stato gestito in forma diversa.

In conclusione, durante il dottorato di ricerca sono stati approfonditi tutti gli aspetti legati alla valutazione e diffusione dell'innovazione in agricoltura, come pure degli impatti e della sostenibilità dei processi agricoli, con particolare attenzione alla difesa, al miglioramento dell'efficacia delle linee di difesa attraverso lo studio di nuove strategie e posizionamento dei prodotti. Tutti questi aspetti sono valutati in prove di gestione aziendale in funzione dell'efficacia in termini di contenimento degli organismi dannosi (malattie, insetti e malerbe), produzione quanti-qualitativa, eventuale presenza di residui, insorgenza e dinamica di ceppi resistenti.

ABSTRACT

During the three years of the PhD, carried out in conjunction with the usual work within my company (Consorzio Agrario Terrepadane, supplier of means and services for agriculture), the knowledge on decision support systems was deepened (DSS, Decision Support Systems) for the cultivation of vines according to the principles of sustainable viticulture, including integrated production.

These systems have been designed to help farmers and agronomists (in particular those who assist in decisions relating to vineyard management or who provide technical assistance to the winegrower) to take more targeted and therefore more correct

measures. The outputs of these models, updated by the hourly, offer information on key aspects of vineyard management: the protection against plant pathogens and pest, the protection ensured by the last treatment carried out, the development of the plant, thermal stresses and water.

In the past - and still today in many cases, traditional methods, used to measure physiological, morphological or environmental parameters, such as leaf water stress, leaf surface, crown volume, soil moisture, solar radiation, etc. However, they required a long time and were of such complexity that they could be applied only in a few cases, limited to the experimental field and on a small scale.

The possibility of obtaining similar information and parameters that can be correlated with those obtained with these manual methods in a simpler and faster way therefore allows to extend the monitoring and use of measurable quantities in the daily practice of vineyard management.

During this research, some representative farms that produce grape of the work area (Val Nure, Val Tidone and Oltrepò Pavese valleys) were identified during the season. Information relating to the risk of fungal infection or the presence of pests generated by the Vite.net® DSS for these farms, together with the data collected in the vineyards through sensors, visual monitoring, the integration of new georeferenced detection and mapping technologies, have made possible to have a greater knowledge of the evolution of the crop in the area and therefore, to provide better technical assistance to the farmers.

The research has studied the best way to transfer technical information to winemakers, also using new communication methods, studying different communication routes according to the characteristics of the recipients. The customers have been divided into groups, from "leader" farms (more "advanced" from a technological point of view, able

to independently manage part of the information received from the DSS) to smaller ones, where the level of assistance technique was handled in a different form.

In conclusion, during this work all aspects related to the evaluation and diffusion of innovation in agriculture were studied in depth, as well as the impacts and sustainability of agricultural processes, with particular attention to the protection of plants from pathogens, to the improvement of effectiveness of defense lines through the study of new strategies and product positioning. All these aspects have been evaluated in farm management tests according to the effectiveness in terms of control of harmful organisms (diseases, insects and weeds), quantitative and qualitative production, possible presence of residues, emergence and dynamics of resistant strains.

1. INTRODUZIONE

1.1 Terrepadane

La crescita e il benessere del nostro paese va visto prima di tutto nella valorizzazione di quella molteplicità di preziose realtà produttive che rendono l'Italia un unicum assoluto: questa convinzione ha sempre accomunato le realtà associative, dalla nascita delle Cattedre Ambulanti dell'Agricoltura alla Federconsorzi fino al fiorire dei Consorzi Agrari come fulcro delle attività agricole dei diversi territori. Questo stesso spirito, a partire dalla fondazione del Consorzio Agrario Provinciale di Piacenza, avvenuta nel lontano 1900, ha portato fino al 20 giugno 2014, giorno della nascita del Consorzio Terrepadane. La coesione ancora una volta è risultata la strada migliore per distinguersi e per muovere i propri passi verso il futuro, attraverso un insieme di valori locali, di culture e di colture.

Terrepadane è una cooperativa agricola che opera nel territorio della Pianura Padana dal 1900 offrendo servizi esclusivi agli agricoltori come consulenze tecniche di alta qualità e soluzioni d'avanguardia in vari settori:

- ✓ supporto agronomico attraverso l'assistenza tecnica, unito a vantaggiosi contratti di coltivazione e filiera
- ✓ precision farming e fertirrigazione, oltre all'assistenza nel settore Macchine e Ricambi
- ✓ sviluppo di prodotti tecnici e meccanici, forniture di oli
- ✓ commercializzazione di prodotti e servizi zootecnici utili al benessere delle mandrie

L'azienda opera nelle province di Piacenza (sede centrale), Milano, Pavia, Lodi, Monza Brianza e ha filiali operative anche a Cremona e Bergamo: in tutte queste zone sono presenti 15 depositi. (Fonte: Sito web - www.terrepadane.it)

1.2 La mission

L'agricoltura che verrà domani è quella plasmata dalla volontà e dalla passione di oggi. Il settore primario italiano ha una storia e una rispettabilità che nessun altro può vantare: la sua forza è nel passato, nella ricchezza delle sue moltitudini, nelle differenti sfumature della terra. Una forza che dietro alla cooperativa ha tracciato il suo solco e chiede ormai di orientare in avanti lo sguardo, là dove gli occhi hanno già tracciato la linea e le mani hanno già iniziato a spingere, verso un futuro che in tutte le lingue riesce a dar voce all'agricoltura italiana.

Terrepadane ha anzitutto l'obiettivo di contribuire allo sviluppo dell'agricoltura nei territori in cui opera, attraverso il supporto alle aziende agricole e zootecniche per la creazione di filiere, fornendo servizi tecnici, manageriali, finanziari, finalizzati alla valorizzazione delle produzioni agricole italiane. Tutto questo nel pieno rispetto dell'ambiente e con assoluta garanzia di sicurezza alimentare per la società. (Fonte: sito web - www.terrepadane.it).

1.3 I numeri sul territorio

La viticoltura in Terrepadane è ben rappresentata, raccogliendo una superficie totale di circa 20.000 ha. Questi sono suddivisi sui circa 5.000 ha della provincia di Piacenza, 13.000 ha della Provincia di Pavia e 2.000 ha nelle Province di Bergamo e Brescia.

Troviamo inoltre circa 300 ha in provincia di Milano, nel territorio di San Colombano al Lambro. Prima di allargarsi territorialmente, l'azienda partiva dalla base del Consorzio Agrario di Piacenza, la cui viticoltura ne rappresenta pertanto la parte "storica".

Da sempre la viticoltura, fin dalla nascita del primo Consorzio Agrario di Piacenza, ha rappresentato un importante comparto all'interno dell'azienda. A conferma di questo, a partire dall'anno 2000 è nato un Settore specifico sulla coltura, denominato Articoli Vigneto, che racchiude tutto il materiale necessario alla messa in opera e gestione del vigneto (pali, barbatelle, materiale di legatura ecc...).

A dire il vero, la nascita del Settore fu favorita dall'intuizione dei tecnici dell'epoca: i primi anni duemila furono infatti caratterizzati dalla massiccia diffusione della Flavescenza Dorata, ampelopatia causata da un fitoplasma a sua volta veicolato dalla cicalina *Scaphoideus titanus*, che causò la moria di parecchi vigneti. Furono così stanziati contributi in favore delle aziende viticole che ripagavano, almeno in parte, i costi sostenuti per la messa in opera di nuovi vigneti. In questo periodo difficile, ma di grande innovazione, dove i nuovi impianti venivano rinnovati con materiale di propagazione certificato (barbatelle) e con parti strutturali più tecnologiche, moderne, ed in generale adatte alla meccanizzazione (pali, fili, tutori), nacque il Settore Articoli Vigneto. Ancora oggi, questo Settore è un punto di riferimento importante per i viticoltori operanti sul territorio, che si affidano alla professionalità dei tecnici di Terrepadane per le migliori scelte nella messa a dimora dei propri vigneti.

Storicamente, almeno due tecnici agronomi si sono occupati di fornire assistenza tecnica mirata a quelli che inizialmente erano i 6.000 ha di vigneto piacentini, coadiuvati da almeno 4 agenti che gravitavano le 4 agenzie di collina (Pianello V.T., Bobbio, Vigolo Marchese, Bacedasco). Ulteriori tre agenzie/poli, in particolare quelli di Rottofreno, S. Giorgio P.no e Fiorenzuola, pur non essendo specializzati esclusivamente sulla viticoltura, fornivano supporto alle aziende viticole. Andando indietro negli anni, le agenzie di collina in realtà sono state molte di più (erano gli anni dove quasi ad ogni "campanile" corrispondeva un'agenzia del Consorzio).

Recentemente, per andare incontro a dinamiche logistiche ormai molto diverse dal passato, ed in generale per una migliore razionalizzazione dei costi, l'agenzia di Bacedasco è stata chiusa, mentre sono state aperte nuove agenzie in Provincia di Pavia precisamente a Cigognola e S. Maria della Versa (figura 1). A livello di personale invece, anche per l'avvento delle nuove province viticole e per la necessità di inserire giovani, più avvezzi alle nuove tecnologie, sono subentrati in azienda altri due tecnici agronomici ed un tecnico commerciale, a dimostrazione della sempre maggiore importanza della coltura. Nella mappa sottostante vediamo le Agenzie di Terrepadane che ad oggi operano preferibilmente sul vigneto, alle quali si appoggiano 9 persone tra

Tecnici e Agenti, in seguito vedremo un approfondimento sulle aree viticole di Terrepadane. (Fonte: sito web - www.terrepadane.it)



Figura 1: agenzie viticole di Terrepadane sul territorio ed ettari gestiti

1.4 Le zone viticole di competenza

1.4.1. Oltrepò pavese

L'Oltrepò Pavese si estende per 1.089 km² e confina con Piemonte, Emilia e Liguria, ed è la punta più meridionale della Lombardia, in provincia di Pavia.

Ha la forma approssimativa di un triangolo o, con un pizzico di poesia, di un grappolo d'uva: il vertice, racchiuso fra le province di Alessandria e Piacenza, s'incunea fino all'Appennino ligure-emiliano, mentre il lato maggiore è costituito dalla riva destra del Po. Quattro valli principali modellano il territorio, aprendosi a ventaglio sulla breve fascia pianeggiante che accompagna il fiume Po.

Il profilo è collinare, con ripidi versanti che salgono fino ai 1.700 metri s.l.m. del primo Appennino e dorsali più arrotondate nell'area orientale verso il Piacentino. Con produzioni prevalentemente a denominazione, le colline dell'Oltrepò rappresentano la terza area italiana più estesa per superficie investita quasi

completamente a vite, offrendo un paesaggio di grande attrattiva. La vicinanza del mare, la presenza di fiumi e torrenti e la varietà del territorio, influiscono sul clima, mite e temperato, con ottime escursioni tra notte e giorno soprattutto nel periodo estivo. Il territorio è attraversato dal celebre “parallelo del vino” (45° parallelo Nord), che percorre le zone più vocate alla viticoltura, come anche il Piemonte, la zona di Bordeaux e l’Oregon. Oltre alla bellezza della zona collinare e montana anche la vicinanza con la città di Milano, costituisce un fattore di grande potenzialità.

L’ambiente offre colli bordati da vigneti centenari in mezzo ai quali le comunità del passato hanno edificato pievi e chiese dagli alti campanili e castelli che ancora oggi, a distanza di tanti secoli, sembrano ergersi a protettori delle loro valli, oltre a sentieri naturalistici ricchi di tradizioni contadine, ville ottocentesche di ineguagliabile bellezza ed altri luoghi di raro incanto. (da “manuale vitivinicolo dell’Oltrepò Pavese”).

I vitigni dell'Oltrepò

Risultano vocate per la coltivazione dei vitigni tradizionali a bacca nera, quali Barbera, Croatina e Uva Rara le aree caratterizzate da argille e limi dei pianalti terrazzati, nonché quelle contraddistinte da marne argillose e marne sabbiose, anche con la presenza minima di inclusi lapidei calcarei. Nella rimanente parte del territorio a Denominazione di Origine Controllata (DOC), la presenza di aree ad “arenarie e conglomerate”, “vena del gesso”, “marne sabbiose”, “marne sabbiose con alta presenza di inclusi lapidei calcarei” rende questi territori ottimali per la coltivazione della maggior parte dei vitigni a bacca bianca e del Pinot Nero. A favorire l’habitat ottimale per questi vitigni, accanto alla natura del terreno, concorrono anche l’altitudine e un microclima caratterizzato da una forte escursione termica. Infatti, per produrre uve di qualità è fondamentale l’ecosistema viticolo naturale adatto, quale l’interazione ottimale tra clima, terreno e vitigno, conosciuti nel loro insieme come Terroir.

L’Oltrepò Pavese, per la parte collinare inserita nel comprensorio del disciplinare, è da considerarsi una zona viticola ad alta vocazione per le sue caratteristiche pedologiche, territoriali e climatiche, che ben si adattano alla coltivazione della vite.

I vitigni più coltivati sono Croatina (4.000 ha), Barbera (3.000 ha), Pinot Nero (quasi 3.000 ha), Riesling (1.500 ha) e Moscato (500 ha).

Con questi vitigni si copre l'84% dell'intera superficie viticola dell'Oltrepò. Altri vitigni, pur essendo meno diffusi dal punto di vista delle superfici, rivestono un ruolo importante per la qualità delle produzioni del territorio: Uva Rara, Vespolina, Pinot Grigio, Chardonnay, Malvasia, Cortese, Sauvignon, Cabernet Sauvignon e Mornasca (o più comunemente Uva di Mornico). La Croatina è alla base del vino Bonarda, rosso tra i più diffusi dell'Oltrepò. Si tratta di un vitigno autoctono storico, alla base di ottimi vini vivaci e anche di importanti rossi fermi. Viene coltivato nei comuni della prima fascia collinare. Anche il vitigno Barbera trova terreni ideali per la sua coltivazione nella prima fascia collinare. È alla base dell'omonimo vino Barbera e insieme alla Croatina rientra nell'uvaggio di importanti vini rossi, quali l'Oltrepò Pavese Rosso, il Buttafuoco e il Sanguè di Giuda.

I genotipi del Pinot Nero erano già coltivati nella zona dai Romani. Sono diffusi sia i cloni a bassa produzione, adatti per la vinificazione in rosso, sia cloni a produzione più abbondante, adatti per la vinificazione in bianco e per le basi spumante. La produzione di Pinot Nero in Oltrepò rappresenta circa il 75% dell'intera produzione nazionale del vitigno, così come la Croatina rappresenta circa il 70% dell'intera produzione nazionale. La Provincia di Pavia con i quasi 3.000 ettari di Pinot Nero è la prima zona, per estensione, in Italia e una delle zone più importanti a livello mondiale per la produzione di spumanti con 12 milioni di bottiglie annue (di cui 1,5 milioni di spumante Metodo Classico). Simile primato spetta a livello italiano al Riesling (italico e renano), che ha trovato il territorio ideale in una microzona fatta di piccole valli nei comuni dell'Oltrepò Centrale. La forma di allevamento più diffusa è il Guyot, con una densità media di impianto da 3.000 a 4.000 ceppi per ettaro. Il portainnesto più utilizzato è il Kober, seguono l'SO4 ed il 420A.

Bonarda e Pinot sono i simboli della viticoltura oltrepadana, con un'identità ed una qualità riconosciuta e riconoscibile.

1.4.2 Piacenza

I numerosi reperti archeologici rinvenuti in varie occasioni dimostrano come Piacenza si possa da sempre considerare terra dei Vini. Basti ricordare che il vino veniva già apprezzato, nella millenaria storia dei Colli Piacentini, da Giulio Cesare grazie alle origini locali della moglie Calpurnia, ed il famoso boccale “Gutturnium” rivenuto nelle acque del Po in modo casuale nel 1878. La viticoltura piacentina occupa una posizione importante per l’economia locale, si estende per poco più di 5.000 ettari di territorio agrario ed il 71% di questi vigneti sono iscritti all’Albo della DOC Colli Piacentini. Questa è stata costituita e approvata con dpr il 18 Luglio 1984, mentre il 9 Luglio del 1967 veniva viene assegnata la DOC al Gutturnio. Da evidenziare infine che il comune di Ziano Piacentino è il comune con la più alta superficie vitata d’Italia, considerato il rapporto tra gli abitanti e la superficie del suo territorio comunale. (Fonte: sito web - www.piacenzaantica.it)

1.4.3 Franciacorta

A due passi da Milano, nel cuore della Lombardia, si trova La Franciacorta, affacciata sulle sponde del Lago d’Iseo in un’area di circa 200 chilometri quadrati che comprende 19 comuni della Provincia di Brescia.

Delimitate ad ovest dal fiume Oglio e a nordest dalle ultime propaggini delle Alpi Retiche, le sue dolci colline devono le loro antichissime origini ai ghiacciai che, ritirandosi oltre 10.000 anni fa, hanno creato l’anfiteatro all’interno del quale ha preso vita la Franciacorta.

L’origine del nome “FRANCIACORTA” ad oggi risulta di difficile interpretazione e definizione per la mancanza di documentazione storica esaustiva. L’ipotesi più accreditata è che l’origine del termine Franciacorta derivi da “curtes francae”, corti franche, zone esentate, affrancate, dal pagamento dei tributi.

Il termine fa riferimento a quelle piccole comunità di monaci benedettini insediate nell’Alto Medioevo in zona collinare vicino al Lago d’Iseo che erano esentate dal pagamento dei dazi, ai Signori e al vescovo, per il trasporto ed il commercio delle loro

merci in altri Stati o possedimenti, poiché i frati erano dediti alla bonifica dei territori assegnati e istruivano i contadini alla coltivazione dei campi.

Caratteristiche fondamentali dei suoli di origini moreniche della Franciacorta sono l'enorme ricchezza di minerali aggiunti, diversi da quelli derivati solo da rocce presenti in loco, il che costituisce la base fondamentale per una viticoltura di qualità.

Altre caratteristiche importanti dei terreni della Franciacorta sono la loro conformazione, che si sviluppa in dolci colline, e la loro granulometria, elementi che facilitano il rapido allontanamento delle acque in eccesso, evitando in gran parte le condizioni di ristagno idrico e altri fattori che predispongono alle più comuni fisiopatie. (Fonte: sito web - www.franciacorta.net)

1.4.4 Valcalepio

La Valcalepio (Kalos Epias), grazie al clima particolarmente mite e alla vicinanza del lago, è antica quanto la tradizione vitivinicola. Chiamata anche la Terra Buona e Dolce, conosciuta dagli antichi come terreno fertile e perfetto per la coltivazione, è situata nella fascia pedemontana che comprende la zona tra i fiumi Adda e Oglio.

Testimonianze dell'antichità della viticoltura nella bergamasca ci vengono dall'epoca latina: alcuni storici riportano la notizia dell'impianto di viti in quel di Scanzo da parte dei militi romani. Inoltre, per i Romani la cultura della vite a Bergamo diventò così importante che fu dedicato un tempio a Bacco nell'antico Borgo di San Lorenzo.

Plinio racconta che in questo territorio la coltivazione della vite era molto sviluppata soprattutto nelle fasce collinari, che erano i luoghi maggiormente vocati.

Secondo fonti storiche, quando nel 569 i Longobardi invasero la città la vite, rimasta senza i viticoltori, costretti ad una precaria esistenza e sottomessi a lavorare per padroni per nulla assennati, ebbe un notevole tracollo sotto il profilo della diffusione e della produttività e “si rifugiò” nelle proprietà ecclesiastiche.

Ma anche nei secoli bui la gente bergamasca non smise mai di amare il suo vino, tanto che il primo atto ufficiale che attesta l'importanza economica del vigneto è proprio un rogito del 750 con il quale viene ceduta una vigna sotto le mura della città.

A testimonianza dell'attenzione prestata dal potere pubblico al vino, possiamo citare che nel 1243 Bergamo ordinava di piantare le viti lungo la strada che va a Seriate e nel 1266 venne emanato lo statuto di Vertova che imponeva che 'chi tiene a fitto tre pertiche di terreno comunale del Grumelli e nei Zereti vi planti vigna'.

A partire dal 1700, con l'espansione dell'allevamento dei bachi da seta e della coltivazione dei gelsi, che in pianura sostituirono la vite, la produzione diminuì fino al punto che i Bergamaschi, all'inizio dell'800 furono costretti ad importare vino da altre regioni.

Con l'arrivo della peronospora e dell'oidio e la comparsa della fillossera nel 1886, i vigneti subirono gravi perdite ma i bergamaschi in breve tempo reimpiantarono vastissime superfici tanto che già nel 1912 la superficie investita in viti superava quella di un tempo e continuò ad aumentare sino al 1940, all'inizio cioè della Seconda Guerra Mondiale.

Lo storico Gabriele Carrara descrive gli abitanti della Valcalepio come 'gente dura alle avversità, come gli ulivi del vento, e pur generosa come i suoi vigneti'.

Dal 1950 la Camera di Commercio si rese promotrice di una vasta innovazione in viticoltura chiamando a consiglio anche illustri personaggi come il viticoltore Italo Cosmo e si decise di modificare la base ampelografia, incentivando l'impianto di Merlot, Barbera, Incrocio Terzi, Marzemino gentile e Schiava grossa. Una volta ripristinati i vigneti, furono istituite due cantine sociali, una a Pontida – la Val San Martino – che iniziò a funzionare nel 1959, e l'altra a S. Paolo d'Argon – la Bergamasca - che iniziò a funzionare nel 1960.

Il dr. Bruno Marengoni, autore di diversi libri che rievocano la storia viticola della Valcalepio, sostiene che 'il vino risulta dal matrimonio tra ambiente e capacità umana: la collina bergamasca e il suo viticoltore non potevano quindi che generare vini, quali il Valcalepio e il Moscato di Scanzo' (Fonte: sito web - www.valcalepio.org).

In questi territori viticoli altamente vocati, le principali ampelopatie che disturbano la viticoltura sono peronospora, oidio e botrite, ma di notevole importanza ed in costante aumento negli ultimi anni sono i danni provocati da Tignoletta (*Lobesia botrana*).

1.5 Principali avversità da combattere e modelli disponibili

Peronospora

Plasmopara viticola è un oomicete policiclico e le principali fonti di inoculo primaverili, responsabili delle infezioni primarie, sono rappresentate dalle oospore (Gessler *et al.*, 2003), strutture di svernamento formate per riproduzione sessuata, che si differenziano a partire dalla tarda estate negli organi infetti. Nella successiva figura 2 è raffigurato il ciclo completo del fungo.

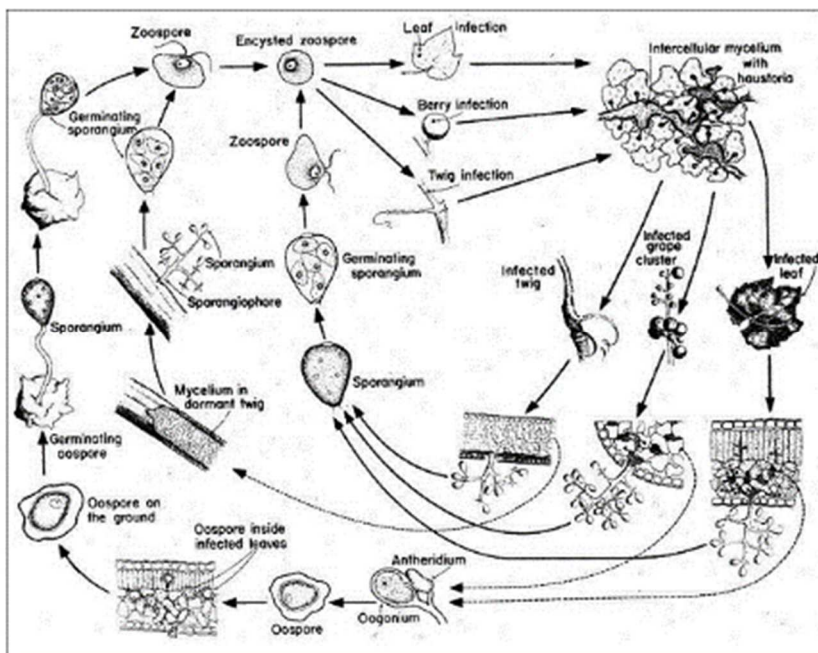


Figura 2: Ciclo biologico di *Plasmopara viticola* (Agraria.org)

Nel 2007, uno studio di laboratorio ha dimostrato che la germinazione delle oospore, in condizioni controllate, può avvenire dall'inizio di novembre fino alla fine di giugno, mentre in condizioni naturali questo non si verifica perché devono essere soddisfatte le esigenze di dormienza morfologica e fisiologica (Vercesi *et. al.*, 1999; 2010). L'andamento della temperatura e delle precipitazioni invernali-primaverili giocano un ruolo fondamentale sulla germinabilità. Inverni miti e primavere piovose sono adatti

per il soddisfacimento della dormienza fisiologica e come risultato si può osservare un tasso di germinazione più elevato (Rossi *et al.*, 2007). Meno noti, ma di una certa rilevanza, sono i fattori endogeni, come la concentrazione di calcio, che andrebbe ad incidere positivamente sulla germinabilità (Vercesi *et al.*, 2010). Durante la stagione vegetativa si assiste ad una germinazione scalare delle oospore, confermata dalla comparsa di nuovi genotipi in campo (Gobbin *et al.*, 2005), che segue di pari passo l'andamento epidemico della malattia (Rossi *et al.*, 2008) e contribuisce a mantenere un'elevata pressione della malattia. Una volta che l'oospora germina si forma un macrosporangio il quale, grazie alle piogge, viene trasportato sulla superficie di foglie, tralci, infiorescenze e grappoli. All'interno del macrosporangio si differenziano per mitosi le zoospore biflagellate, responsabili delle infezioni. Le zoospore si muovono nel film acquoso che ricopre gli organi recettivi ed una volta raggiunti gli stomi perdono i flagelli, si incistano, si muniscono di parete e differenziano un tubetto germinativo che penetra attraverso lo stoma e darà origine al micelio intercellulare dando il via all'infezione primaria. *Plasmopara viticola* penetra all'interno dei tessuti esclusivamente attraverso gli stomi. Le ife differenziano una struttura, chiamata austorio, che penetra attraverso la parete cellulare e va a contatto con la membrana citoplasmatica. È attraverso l'austorio che il microrganismo trarrà il nutrimento necessario per il proprio sviluppo instaurando un rapporto di tipo biotrofico con la pianta.

Il momento dell'infezione è cruciale per il riconoscimento del patogeno da parte della pianta: esistono, infatti, specie afferenti al genere *Vitis* in grado di riconoscere precocemente *P. viticola* e instaurare una risposta di resistenza nei confronti del patogeno, che si attua con l'inibizione dello sviluppo del micelio (Yu *et al.*, 2012; Armijo *et al.*, 2016).

I sintomi che derivano da queste infezioni sono le tipiche macchie d'olio che si presentano, sulla superficie adassiale del mesofillo, di colore giallo. In presenza di elevata umidità relativa si assiste all'evasione del patogeno, con la formazione di una muffa biancastra sulla pagina abassiale costituita dagli organi di riproduzione agamica

(rami sporangiofori e sporangi) del patogeno (figura 3). I rami sporangiofori che si generano portano in posizione apicale gli sporangi contenenti le nuove zoospore che verranno disperse dalle piogge e dal vento dando il via alle infezioni secondarie, che si possono sommare a quelle primarie per via della scalarità di germinazione delle oospore, come sopra riportato. Gravi attacchi all'apparato fogliare causano una rapida defogliazione e riduzione della superficie fotosintetizzante, con ripercussioni sulla qualità del grappolo, che avrà un ridotto contenuto zuccherino, e sulla lignificazione dei tralci, che risulteranno scarsamente resistenti al freddo. Se l'infezione avviene su foglie vecchie, la peronospora assume la cosiddetta forma a mosaico: lo sviluppo del micelio è limitato dalle nervature e le macchie assumono contorni geometrici.

Le infiorescenze e i grappoli possono essere colpiti a livello del rachide o dei singoli fiori e acini: nel primo caso, si presentano curvati ad uncino o ad esse per la differenza di crescita dei tessuti, assumono una colorazione bruna e successivamente disseccano; nel secondo caso, *P. viticola* è visibile sui singoli fiori o acini solo una volta che sporula, quindi si osserva la tipica muffetta bianca. Le infezioni tardive su grappolo portano alla manifestazione della 'peronospora larvata': poiché gli stomi degli acini degenerano all'avvicinarsi dell'invasatura, occludendo le vie di evasione del patogeno, le bacche virano verso il violaceo-rossastro fino al disseccamento, senza che si osservi la sporulazione (figura 4).

Il punto cardine di una corretta gestione dei trattamenti fitosanitari per il contenimento di una malattia si basa sulla stima del momento in cui si verifica un'interazione positiva tra i tre elementi essenziali che regolano il verificarsi della malattia stessa: ospite, patogeno e condizioni ambientali. Il primo metodo empirico utilizzato per conoscere il momento dell'infezione primaria è quello messo a punto dal professor Baldacci (1957) e conosciuto come "regola dei tre 10": la temperatura minima deve essere stabilmente intorno ai 10°C, si deve verificare una pioggia di almeno 10 mm nell'arco di 24-48h ed è necessario che i germogli siano lunghi almeno 10 cm, lunghezza alla quale le prime foglie sono distese e quindi recettive nei confronti del patogeno. Secondo queste indicazioni i tre elementi sussistono e si può iniziare a calcolare il periodo di

incubazione (p.i.), utilizzando i dati medi di temperatura (T) e umidità relativa (UR). Esso è molto variabile e può durare da un minimo di 4-5 giorni ad un massimo di 25 giorni (Orlandini *et al.*, 1993) in funzione dei parametri di T e UR media registrati. Nella gestione classica della peronospora una volta che si è raggiunto l'80% del p.i. si effettua il primo trattamento.

Le nuove conoscenze acquisite in campo della dinamica di germinazione delle oospore (Vercesi *et al.*, 2012), dimostrano che la manifestazione delle infezioni primarie non andrebbero a coincidere al momento calcolato coi metodi riportati sopra, ma si verificherebbe nell'arco della settimana dopo o addirittura con molto ritardo a seconda delle condizioni ambientali, poiché sono necessari due eventi piovosi per il verificarsi delle infezioni primarie: uno che determini la germinazione delle oospore e l'altro che favorisca la dispersione dei macrosporangii e l'infezione da parte delle zoospore. Per avere un'idea dell'importanza del contenimento delle infezioni primarie è bene sapere che il numero di oospore prodotte per mm² di tessuto infetto si aggira intorno a 250 oospore/mm² (Gessler *et al.*, 2011).

Le condizioni necessarie per la germinazione delle oospore sono stimate con modelli matematici che possono utilizzare diversi parametri per l'espressione delle unità fisiologiche necessarie per lo sviluppo, e molto importante, per avere dei dati ripetibili e confrontabili in diversi areali. Le unità fisiologiche rappresentano il fenomeno annullando le differenze riscontrate attraverso la stima della dinamica di sviluppo della malattia, espressa come percentuale cumulata di tessuto infetto, distribuita nell'unità di tempo in diverse condizioni ambientali (Lovell *et al.*, 2004).



Figura 3: corpi fruttiferi di *P. viticola* sulla pagina inferiore della foglia

I seguenti parametri, gradi giorno cumulati o Degree Day (DD), temperatura oraria o Degree Hours (DH), sommatoria del tasso orario di una funzione temperatura-dipendente, che può considerare solo la temperatura, Thermal Time (TT), o sia T e UR, Hydro-Thermal time (HT), calcolati dal 1 gennaio, possono essere usati nell'equazione di Gompertz per la stima della germinazione delle oospore. I primi studi sulla stima dei DD necessari per lo sviluppo delle prime oospore condotti da Gehmann (1987), riportano un valore di 160, calcolato come la sommatoria delle temperature al di sopra di 8°C ($DD_i = \sum (T_i - 8)$; quando $T < 8$, $T = 8$).

Alla luce dei nuovi studi questo valore non è attendibile perché è stato dimostrato che già ad un minimo di 71 DD si verifica la germinazione (Rossi *et al.*, 2008).

L'attendibilità della stima della germinazione deve seguire saggi di laboratorio per verificare l'effettiva abilità, delle oospore raccolte in campo, di formare il macrosporangio. Con il metodo messo a punto da Rossi *et al.* (2008), si ha un'ottima correlazione ($R^2 > 0,95$) tra dinamica stimata con HT e i saggi di verifica. Questo perché sono stati considerati sia i gradi cumulati di temperatura sia la quantità di acqua disponibile per il patogeno che è direttamente dipendente dalle piogge e dall'acqua libera, o water activity (aw), presente nei residui vegetali in cui si trovano le oospore. Il parametro aw può essere stimato attraverso misurazioni del vapour pressure deficit (VPD), come proposto da Rossi *et al.* (2007), che è la differenza di UR nell'aria ad una data temperatura e la concentrazione massima di acqua che può contenere alla stessa temperatura. Il trasferimento di acqua dai residui vegetali verso l'atmosfera sarà maggiore con valori elevati di VPD, causando un ritardo nella germinazione delle oospore (Rossi *et al.*, 2012).

Ulteriori sforzi per incrementare le conoscenze sulla dinamica di germinazione delle oospore sono stati fatti da Vercesi *et al.* (2010) per determinare non solo i fattori esogeni ma anche i fattori endogeni che influenzano il processo. In particolare si è studiato l'effetto del calcio (Ca^{++}) sulla formazione del macrosporangio. È stato dimostrato che le concentrazioni di Ca^{++} esogeno ed endogeno, hanno un ruolo decisivo

su questo processo. Grazie all'utilizzo di chelanti del Ca^{++} nel mezzo, inibitori del flusso transmembrana e competitori intracellulare, sembrerebbe che la germinazione sia ridotta o addirittura annullata in sua assenza.

L'intervallo di temperatura in cui si assiste al maggior numero di germinazioni è compreso tra i 13-33°C con un *optimum* di 25°C. La temperatura arbitraria di 10°C presa come valore soglia dalla regola dei tre 10, al di sotto della quale *P. viticola* non si svilupperebbe, è da rivisitare perché con T minime inferiori a 10 °C si assiste comunque ad una differenziazione del macrosporangio (Burruano *et al.*, 1999).

Le infezioni secondarie si verificano nel momento in cui *P. viticola* sperimenta determinati valori di UR, T e luce che permettono l'evasione dall'ospite con la formazione di rami sporangiofori prodotti per riproduzione asessuata. Il quadro dell'andamento epidemico si completa quando si presentano temperature comprese tra 13 e 30°C, una UR>98% e almeno 4 h di buio: con queste condizioni la sporulazione si manifesta (Blaeser, 1978). Williams *et al.* (2007a) trovarono un range di temperatura di 5-35 °C per il rilascio degli sporangi e un range compreso tra 10 e 25°C per l'infezione.

La bagnatura fogliare è decisiva per la penetrazione del patogeno, soprattutto a basse temperature (Caffi *et al.*, 2016). Le infezioni secondarie si possono succedere nel corso della stagione vegetativa della vite, ed è stato dimostrato che a un singolo evento di infezione primaria possa succedere un elevato numero di cicli asessuati (Gobbin *et al.*, 2005). *Plasmopara viticola* mantiene un tasso di sporulazione elevato nelle prime fasi di riproduzione asessuata. Successivamente si assiste ad una repentina diminuzione nel tasso di sporulazione, con un declino che supera il 90% dopo 10 giorni. Nonostante ciò, le lesioni mantengono un buon potenziale di sporulazione almeno per 22-24 giorni (Kennelly *et al.*, 2007). Questa sua capacità conservativa può spiegare, in parte, il ritorno dei sintomi a fine stagione in assenza di nuove piogge.



Figura 4: grappolo colpito da peronospora larvata

Oidio

Erysiphe necator è un fungo epifita. Questa peculiarità lo differenzia nettamente da altri microrganismi patogeni, quali *P. viticola*, agente della Peronospora, o *Botrytis cinerea*, responsabile della muffa grigia. Nella successiva figura 5 è raffigurato il ciclo completo del fungo.

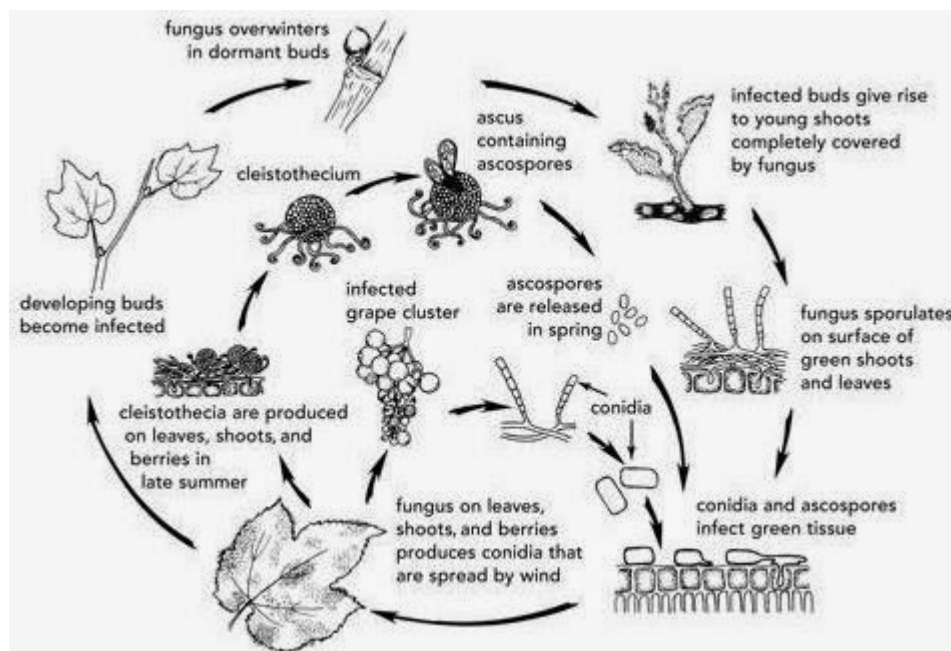


Figura 5: ciclo biologico *Erysiphe necator* (Buonanomi G, "Modelli epidemiologici per la gestione sostenibile delle produzioni vitivinicole")

Erysiphe necator invade superficialmente tutti gli organi verdi della pianta, foglie e peduncoli, tralci erbacei e le varie parti del grappolo, ma ne parassitizza solo le cellule epidermiche, attraverso strutture specializzate chiamate austori (Rossi *et al.*, 2006).

Gli austori sono rigonfiamenti delle ife all'interno del lume delle cellule vegetali che assorbono dalla cellula stessa gli elementi nutritivi necessari alla crescita del fungo. Inizialmente la presenza dell'austorio non compromette la vita della cellula, ma col tempo la cellula stessa muore e viene "abbandonata" dal fungo. Durante la fase parassitaria quindi il fungo sviluppa le proprie ife e differenzia le proprie strutture riproduttive sulla superficie vegetale, formando una colonia visibile ad occhio nudo sotto forma di muffa polverulenta e biancastra; nel contempo il fungo si nutre a carico delle sottostanti cellule dell'epidermide, che progressivamente necrotizzano. La presenza della colonia fungina rappresenta il sintomo tipico del mal bianco, cui si accompagnano altri elementi distintivi. Nel caso di infezioni su foglie in accrescimento è presente una deformazione del lembo, dovuta al fatto che le cellule epidermiche necrotizzate non riescono a seguire la distensione dei tessuti, originano uno "stiramento" ed il conseguente ripiegamento del lembo. Nel caso delle bacche, le infezioni precoci causano spaccature per motivi analoghi ai precedenti: i tessuti epidermici sani si accrescono normalmente ed assecondano l'accrescimento in volume della bacca mentre quelli necrotizzati originano tensioni che sfociano in spaccature profonde dell'acino. Quando la colonia fungina invecchia o viene rimossa dalla pioggia rimangono le tracce della sua presenza sull'organo vegetale, sotto forma di un reticolo necrotico costituito dall'insieme delle cellule epidermiche morte; questi sintomi sono particolarmente evidenti su germogli, tralci e bacche. Questo fungo è esposto a condizioni atmosferiche avverse durante l'intero ciclo: le piogge battenti, la presenza di acqua libera sugli organi vegetali, lunghi periodi con tenori molto bassi dell'umidità relativa e l'insolazione diretta diventano così fattori capaci di ostacolare la crescita della colonia, di causarne il danneggiamento o la devitalizzazione.

Analogamente, il fungo è costantemente esposto al contatto con i fungicidi distribuiti sulla vegetazione.

Erysiphe necator compie il proprio ciclo biologico interamente ed esclusivamente sulla vite. Si tratta infatti di un biotrofo obbligato, che sopravvive all'assenza dei tessuti suscettibili dell'ospite durante il periodo invernale in una fase quiescente, grazie a strutture specializzate chiamate cleistoteci (riclassificati come casmoteci da Braun *et al.*, 2002).

Si tratta di corpi fruttiferi (ascocarpi) che si formano in autunno sulle colonie fungine, a seguito della riproduzione gamica. Quando maturi, i cleistoteci hanno l'aspetto di piccole sfere nerastre, visibili anche ad occhio nudo. In primavera, da questi cleistoteci vengono rilasciate le ascospore che vanno a infettare le giovani foglie, fin dalle primissime fasi fenologiche della vite. I sintomi originati dalle infezioni ascosporiche sono molto differenti da quelli tipici del mal bianco e sono di non facile identificazione: si tratta di macchie clorotiche tondeggianti che compaiono sulla pagina inferiore delle foglie basali dei germogli più vicini al ceppo. Negli ambienti contraddistinti da inverni miti, o non particolarmente rigidi, le ife e forse anche i conidi (Sall & Wrisinsky, 1982; Miazzi *et al.* 2003; Hajjeh *et al.*, 2008) possono rimanere tra le perule delle gemme latenti fino alla ripresa vegetativa della pianta. Il momento in cui avviene l'insediamento del fungo in queste gemme non è ancora completamente chiarito (Rademacher & Gubler, 2002). L'ipotesi più accreditata è quella di una colonizzazione precoce, durante la fase di differenziazione delle gemme in tarda primavera; le gemme comprese tra la terza e la quinta a partire dalla base del germoglio sono infatti quelle più frequentemente interessate (Pearson & Gartel, 1985). Le ife che superano l'inverno riprendono la propria attività in concomitanza del germogliamento della vite ed invadono rapidamente le foglie, che appaiono ben presto ricoperte dal micelio biancastro, clorotiche, con sviluppo stentato e deformati. I germogli così colpiti prendono comunemente il nome di "germogli bandiera". Le prime infezioni stagionali di mal bianco, dette infezioni primarie, possono dunque avere origini diverse: i) possono essere originate direttamente dal micelio che ha svernato fra le perule delle gemme e che si sviluppa a carico delle giovani foglie emesse dalle gemme stesse; oppure ii) possono essere causate dalle ascospore maturate all'interno dei cleistoteci e disperse in

primavera.

In ogni caso, a seguito dell'infezione primaria si sviluppa una colonia che inizia poi a produrre i conidi, spore asessuate dalla forma tondeggianti allungata di circa $28 \times 14 \mu\text{m}$; i conidi vengono prodotti in catenelle da ife specializzate dette conidiofori. I conidi sono responsabili delle infezioni cosiddette secondarie che si susseguono nel corso della stagione vegetativa fintanto che le condizioni ambientali lo permettono e che sussistono organi vegetali suscettibili. Le foglie rimangono recettive per l'intera durata della loro vita: a differenza di quanto accade nel caso della peronospora, il tessuto fogliare è suscettibile all'infezione oidica sia appena formato che in piena maturità. Il sintomo di queste infezioni è quello caratteristico della tarda primavera e dell'estate, con la formazione dapprima di piccole colonie reticolate, che si allargano a costituire un micelio polverulento che si accresce progressivamente sull'organo colpito e produce numerosissimi conidiofori (figure 6 e 7). Le foglie vanno incontro a senescenza precoce e possono cadere anticipatamente. I germogli possono essere attaccati dal mal bianco solo fino a quando mantengono una consistenza erbacea, in quanto la lignificazione costituisce una barriera impenetrabile per gli austeri; anche in questo caso i tessuti infetti si ricoprono di muffa biancastra alla quale fa seguito, come detto, la comparsa di reticolature nerastre che divengono maggiormente evidenti dopo la lignificazione. Il grappolo risulta recettivo durante tutte le fasi erbacee ed è particolarmente suscettibile in fioritura. Successivamente, quando le bacche superano il diametro 4-6 mm, la suscettibilità si riduce progressivamente fino all'invasatura (Gadoury *et al.*, 2003). È importante sottolineare ancora che se il patogeno riesce a insediarsi sul grappolo precocemente i danni sono molto gravi sia dal punto di vista quantitativo che qualitativo, con disidratazione spinta dei tessuti dell'acino e lacerazioni anche profonde che possono favorire la penetrazione e l'insediamento dei marciumi del grappolo. Durante la piena estate e l'autunno, il patogeno differenzia i cleistoteci per prepararsi nuovamente alla fase di conservazione invernale. La temperatura ottimale per la produzione di cleistoteci è 20°C , a 15°C la produzione è

ridotta e ancora di più a 25°C. A 10 e 30°C i pochi corpi fruttiferi prodotti non raggiungono la completa maturazione (Legler *et al.*, 2011a, 2014).

I cleistoteci maturi contengono da quattro a sei aschi, i quali a loro volta racchiudono fino a sei ascospore già differenziate la cui maturazione, però, si completa in tempi successivi.

I primi studi sulle condizioni che determinano la rottura del cleistotecio e l'espulsione delle ascospore hanno definito come 2,5 mm di pioggia siano sufficiente per la rottura dei cleistoteci, a temperature comprese tra 10 e 32°C (Pearson & Gadoury, 1987; Gadoury & Pearson, 1990). Successivamente è stato dimostrato che 2 mm possono essere sufficienti, qualora questa pioggia inizi un periodo di bagnatura di almeno 2,5 ore con una temperatura maggiore di 8°C (Jailloux *et al.*, 1999 - Rossi *et al.*, 2010) hanno comunque osservato il rilascio delle ascospore anche con precipitazioni inferiori a 2 mm o addirittura, se pur in eventi occasionali, a seguito di un periodo di bagnatura superiore a 3,5 ore non iniziato da una precipitazione e con temperature inferiori a 4°C. Come detto in precedenza, le ascospore espulse dai cleistoteci germinano rapidamente in acqua e, se le temperature si mantengono ottimali (20-25°C in un intervallo di 5-28°C), emettono il tubetto germinativo in circa quattro ore, e le strutture infettive (appressori) in dodici ore. A questo punto lo stiletto, un'ifa sottile generata dall'appressorio, penetra la superficie dell'ospite e si rigonfia entro le cellule epidermiche formando l'austorio che, è l'unico apparato endofitico di *E. necator*. Questa sequenza di eventi si conclude con l'emissione dell'ifa primaria, che si allunga e si ramifica sulla superficie vegetale. Trascorso il periodo di incubazione, l'infezione si manifesta con la comparsa di sintomi atipici rispetto a quelli classici del mal bianco: si tratta, infatti, di piccole macchie tondeggianti e clorotiche che compaiono sulla pagina inferiore delle foglie basali dei germogli più vicini al ceppo e che presentano una colonia fungina poco sviluppata. Al termine del periodo di latenza, che per le temperature mediamente più basse rispetto alle più tardive infezioni conidiche può essere superiore alla settimana, fanno la loro comparsa i primi conidi, che avviano le infezioni secondarie. L'espulsione delle ascospore è un processo scalare e, pertanto,

possono susseguirsi durante la stagione varie “ondate” di infezioni ascosporiche, caratterizzate da diversa gravità in funzione del numero di ascospore rilasciate (Gee *et al.*, 2000). La dinamica di rilascio delle ascospore è, di conseguenza, un fattore determinante del rischio di infezione da oidio e quindi della necessità di protezione dell'ospite.

La dispersione dei conidi è un fattore fondamentale per le malattie policiliche, come è l'oidio della vite, in quanto determina l'estensione temporale e spaziale dell'epidemia (Rossi *et al.*, 2010b). La dispersione dei conidi dell'oidio è un processo passivo innescato da vari fattori meteorologici tra cui il vento, l'umidità e la pioggia (Butt, 1978). Indipendentemente dal tipo di dispersione, quando i conidi raggiungono tessuti suscettibili dell'ospite danno origine a nuovi cicli di infezione. Le condizioni ambientali favorevoli allo sviluppo delle infezioni conidiche sono però differenti rispetto a quelle richieste dalle ascospore. L'efficienza dei conidi nel causare infezione dipende principalmente da temperatura e umidità. L'intervallo di temperatura ottimale per la germinazione dei conidi è 20-25°C, così come per la formazione delle strutture infettive, la crescita del micelio e la sporulazione. La maggior parte dei conidi germina indistintamente fra il 40% ed il 100% di umidità relativa. La bagnatura delle superfici dell'ospite, al contrario, ostacola la germinazione in quanto l'aumento della pressione di turgore può causare la rottura della parete del conidio causandone lo scoppio. La radiazione solare diretta, infine, rallenta notevolmente, anche se non blocca, la germinazione dei conidi e la crescita del micelio; l'ombreggiamento, al contrario, favorisce il processo d'infezione (Wilocquet *et al.*, 1996).

Il periodo di latenza (cioè il tempo che intercorre tra infezione e sporulazione) durante i cicli secondari è di soli 5-6 giorni in un ampio intervallo di temperature, compreso tra 23°C e 30°C. Pertanto, le infezioni secondarie si susseguono rapidamente. In condizioni sfavorevoli, però, il fungo può impiegare fino a trenta giorni per completare un ciclo infettivo.



Figura 6: Macchie clorotiche sulla pagina inferiore di una foglia basale di un germoglio di vite, causata da un'infezione ascosporica di *Erysiphe necator*



Figura 7: Tipici sintomi di oidio sulla pagina superiore

I modelli epidemiologici possono essere un efficace strumento di supporto decisionale per implementare correttamente le strategie di difesa integrata, evitando trattamenti inutili e, ancor più, intervenendo al momento opportuno (Rossi *et al.*, 2010b).

Tra i modelli messi a punto per l'oidio della vite si ricorda il modello demografico di Chellemi e Marois (1991) basato su un tasso di sopravvivenza e di fecondità adattato dall'epidemiologia veterinaria; questo modello considera il tasso di germinazione dell'inoculo in funzione della temperatura e dell'acqua libera, l'effetto della

temperatura sul tasso di penetrazione e l'effetto che l'acqua esercita nel diminuire la sporulazione. Il modello conferma l'interazione tra acqua libera e temperatura e consente di predire la riduzione della popolazione in seguito a trattamento fungicida.

Il modello matematico della Sall (1980) è stato sviluppato per valutare l'influenza dei fattori meteorologici ed il momento dell'infezione iniziale sulla colonizzazione di grappoli e foglie; si tratta di un modello basato sull'equazione di Van der Plank che comprende sottomodelli per la crescita della vite e per l'infezione. Il sottomodello relativo all'infezione considera la temperatura e gli effetti deleteri dell'acqua libera su germinazione e sopravvivenza delle colonie.

Il modello Gubler-Thomas (1999) è stato sviluppato per essere impiegato in California e si compone di due sottomodelli, uno relativo alle infezioni primarie (ascosporiche) per le quali sono considerati temperatura dell'aria e bagnatura fogliare, ed uno relativo alle infezioni secondarie (conidiche), per le quali si utilizza solo la temperatura.

Nel modello Kast (1995), messo a punto in Germania, la gravità della malattia nella stagione precedente e la temperatura minima assoluta dell'inverno sono usate per prevedere il momento della prima applicazione fungicida stagionale; un secondo componente di questo modello, denominato OiDiag, viene utilizzato per regolare l'intervallo tra le applicazioni fungicide.

Bendek (2002) ha sviluppato in Cile un modello di regressione, basato sui dati giornalieri di temperatura e umidità relativa, per descrivere lo sviluppo dell'incidenza del mal bianco dalla fioritura alle bacche di 5 mm di diametro.

In Francia, invece, è stato messo a punto un modello che associa lo sviluppo spaziale e temporale della chioma della vite con la diffusione dell'oidio (Calonnec *et al.*, 2008).

In questo modello la dinamica di sviluppo della popolazione del patogeno è suddivisa in infezione, sviluppo miceliare, sporulazione e dispersione. Il tempo che intercorre tra l'infezione e la sporulazione è definito come tempo di latenza e la durata della sporulazione come periodo infizioso. La temperatura, la velocità del vento e la sua direzione sono le principali variabili di input.

Recentemente è stato sviluppato in Canada un modello basato sulla relazione tra l'incidenza di mal bianco su diverse varietà (sia di *Vitis vinifera* che ibridi) e la concentrazione di conidi aerodispersi (Carisse *et al.*, 2009). Una soglia di intervento di 50 conidi per m³ di aria viene utilizzata per intervallare i trattamenti fungicidi.

Un approccio innovativo nella realizzazione dei modelli previsionali è stato messo a punto presso l'Università Cattolica del Sacro Cuore di Piacenza seguendo l'approccio dell'analisi dei sistemi (Laffelaar, 1993). Questo approccio prevede la modellizzazione dell'intero ciclo vitale del patogeno oggetto di studio, in modo da ottenere una visione complessiva del patosistema come un processo dinamico (Rossi *et al.*, 2010b). I tassi di questo tipo di modello (es. il rilascio delle ascospore, la deposizione di ascospore e conidi, l'infezione di ascospore e conidi, la sporulazione, la riproduzione, la maturazione e la dispersione dei cleistoteci) e i periodi chiave (es. incubazione, latenza e infeziosità) devono essere descritti con algoritmi e funzioni matematiche in relazione alle variabili ambientali. In questo schema generale (figura 8) è possibile implementare le funzioni, ed eventualmente i modelli, che sono già state sviluppate e sono presenti in letteratura, oppure sviluppare specifici modelli ad hoc (Rossi *et al.*, 2014).

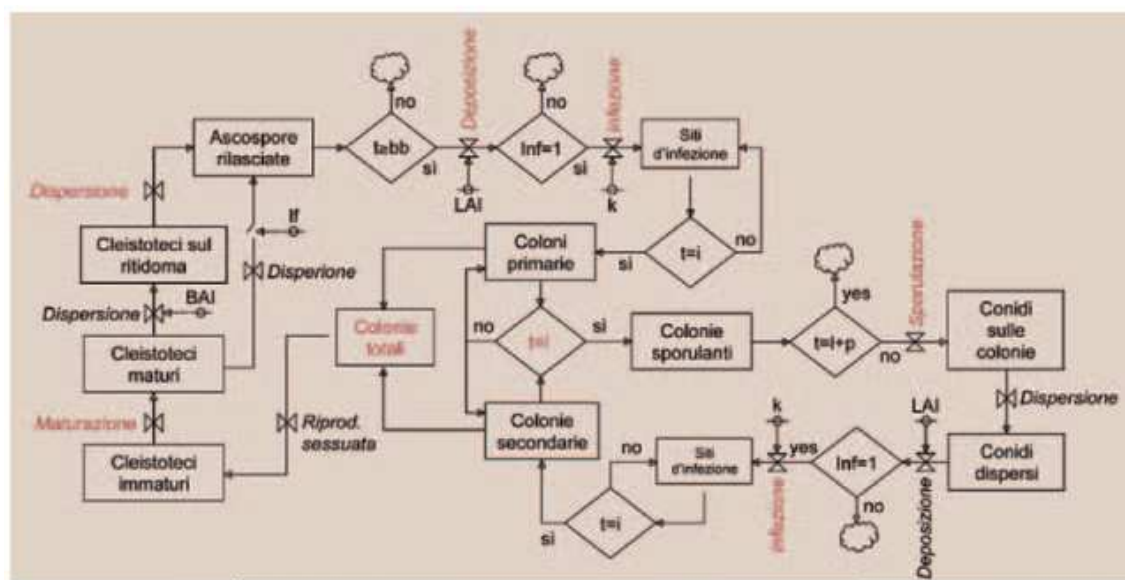


Figura 8: diagramma relazionale di un modello che descrive l'intero ciclo vitale di *Erysiphe necator*, agente causale del mal bianco della vite. I riquadri contengono le variabili di stato, le valvole sono i tassi, i diamanti sono interruptori, mentre le nuvole rappresentano le ascospore, le colonie o i conidi che escono dal sistema. Le linee con il cerchio rappresentano le variabili esterne legate alla pianta:

LAI e BAI rappresentano la superficie fogliare e delle bacche, rispettivamente; “bb” e “lf” rappresentano il momento della rottura gemme e della completa caduta foglia, rispettivamente; k è la capacità della pianta di ricevere nuovo inoculo. La variabile “t” è il tempo; “i”, “l” e “p” sono l’incubazione, la latenza e il periodo infezioso, rispettivamente. Inf=1 indica che le condizioni minime per l’infezione sono raggiunte (<http://www.metos.at>).

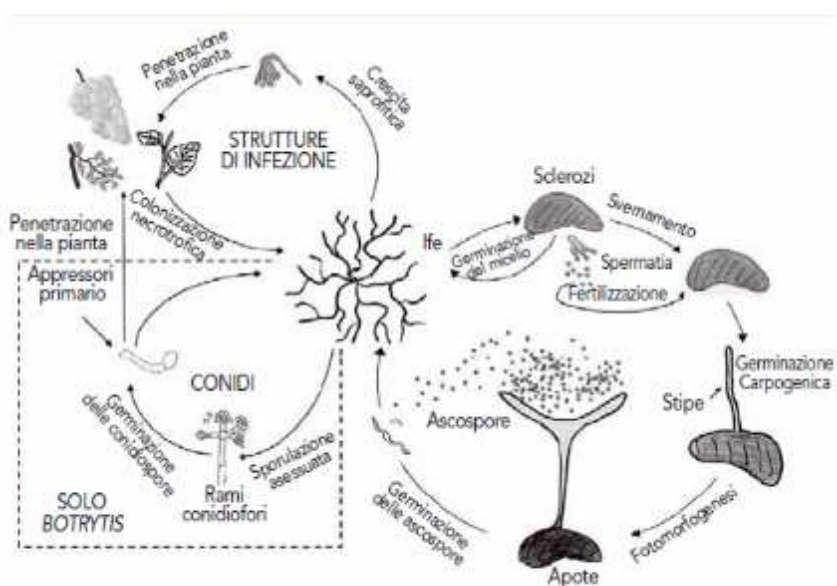
Questo tipo di modello può facilitare un approccio integrato per la difesa dal mal bianco della vite e dovrebbe essere alla base del processo decisionale che guida le scelte operative legate alla difesa, dalla riduzione dell’inoculo svernante alla protezione di foglie e grappoli.

Presso l’Università Cattolica di Piacenza è stato sviluppato un modello per simulare la dinamica delle infezioni primarie causate dalle ascospore di *E. necator* (Caffi *et al.*, 2011a). Si tratta di un modello meccanicistico in grado di simulare il momento dei rilasci da parte dei cleistoteci svernanti, la quota di ascospore che viene rilasciata e la loro capacità germinativa ed infettiva. Il modello utilizza come input i dati orari di temperatura, umidità relativa, pioggia, bagnatura fogliare e deficit di pressione vapore a partire dal 1° gennaio. Il modello indica i giorni in cui sono presenti le condizioni ambientali per il rilascio delle ascospore e calcola il tasso di deiscenza dei cleistoteci in funzione della temperatura e della bagnatura fogliare. Il tasso di germinazione ed emissione dell’appressorio da parte delle ascospore è calcolato in funzione di temperatura e deficit di pressione di vapore (VPD). Il prodotto del tasso di deiscenza dei cleistoteci e della capacità germinativa delle ascospore fornisce un indice dell’infettività delle ascospore. La proporzione di ascospore liberate dai cleistoteci ad ogni rilascio è calcolata in funzione dei giorni dalla data del germogliamento della vite; per questo motivo il modello contiene un sub-modello che simula la data del germogliamento in base alla sommatoria dei gradi giorno su base 10°C a partire dal 1° gennaio. Ad ogni rilascio corrisponde una quota di ascospore ridotta della quota di ascospore rilasciate in precedenza. Il modello è stato validato in diversi vigneti commerciali della regione Emilia-Romagna, dal 2005 al 2008, per un totale di 26 casi (località x anni). Il modello nelle condizioni di campo esaminate è risultato

infezioni ascosporiche di *E. necator* (Caffi *et al.*, 2015).

Botrite

Botrytis cinerea è un fungo patogeno su circa 220 dicotiledoni spontanee e coltivate, sulle quali si comporta come parassita facoltativo, causando una malattia litica denominata botrite o muffa grigia. Nella successiva figura 9 è raffigurato il ciclo completo del fungo.



Fonte: figura tratta da Anselm J. et al. (2011) - Genomic analysis of the necrotrophic plant pathogens *Sclerotinia sclerotiorum* and *Botrytis cinerea*.

Figura 9: ciclo biologico di *Botrytis cinerea* (Vercesi *et al.*, “Botrytis cinerea: biologia, epidemiologia e difesa”, IA 21,2014)

L'attività patogenetica di *B. cinerea* è dovuta alla capacità del fungo di sintetizzare enzimi litici e metaboliti secondari quali acido ossalico e sostanze tossiche per le cellule vegetali. Gli enzimi litici, in particolare poligalatturonasi, sono responsabili della degradazione del principale costituente delle lamelle mediane, la pectina, un polimero dell'acido galatturonico. Ciò comporta un rammollimento del tessuto invasore dal patogeno. Su vite i sintomi dell'alterazione dovuta a *B. cinerea* si manifestano prevalentemente su grappolo, nel periodo che va dall'invasione alla vendemmia: gli acini presentano un evidente viraggio del colore, perdono la loro consistenza e si

ricoprono di una spessa efflorescenza muffosa di colore grigiastro (figura 11). Qualora le condizioni meteorologiche lo consentano, la colonizzazione dell'acino da parte del fungo procede con lentezza ed è associata con una consistente perdita di acqua d parte della bacca con conseguente aumento del tenore zuccherino e accumulo di alcuni metaboliti fungini, sfociando nel cosiddetto marciume nobile. Da acini affetti da marciume nobile vengono ottenuti vini di pregio, in particolare nel Sauternes e nel Tokay. Il patogeno sverna in vigneto secondo varie modalità, come micelio nella corteccia dei tralci e/o sclerozi su tralci e tessuti vegetali non più vitali, nonché colonizzando saprofiticamente residui della vegetazione precedente (grappoli, foglie) e di svariate erbe. La germinazione dei conidi avviene in un ampio intervallo di temperature, compreso tra -1 e 40 °C, con umidità relative superiori al 93% e molto più agevolmente e abbondantemente in presenza di acqua.

Il patogeno penetra attraverso sia lesioni sia la superficie intatta dell'ospite, anche se questa seconda modalità risulta negli organi giovanili decisamente poco frequente.

Le infezioni precoci del micete su foglie, tralci erbacei e grappoli in pre-fioritura determinano danni di limitata entità, dovuti al disseccamento dei tessuti infetti (figura 10). È a partire dalla fioritura che *B. cinerea* trova sull'ospite condizioni favorevoli alla contaminazione dell'ospite e in particolare della bacca. I residui floreali, caliptra, stami e antere, costituiscono infatti un substrato facilmente colonizzabile da *B. cinerea* che sfrutta in questo caso la sua notevole attitudine saprofitaria: il micelio, sviluppatosi sui tessuti floreali senescenti, forma sul giovane acino cuscinetti di infezione che risultano più efficaci dei conidi nel penetrare all'interno delle strutture dell'ospite. Residui floreali che persistono all'interno del grappolo e prolungate bagnature durante l'allegagione rappresentano le condizioni ideali per il verificarsi di numerose infezioni sull'acino in formazione. Nella maggior parte dei casi rimangono latenti almeno fino all'invasatura, rendendo spesso difficile valutare il contributo delle infezioni precoci sull'entità finale della malattia.

Il verificarsi delle infezioni di *B. cinerea* è ovviamente condizionato dalle condizioni meteorologiche: visto che il fungo si sviluppa attivamente in un intervallo molto ampio,

la temperatura è raramente un fattore limitante contrariamente a quanto è stato evidenziato per l'umettazione. La durata della bagnatura che consente l'infezione della bacca varia in funzione dello stadio fenologico e della presenza di lesioni. Contrariamente a quanto avviene negli stadi fenologici precedenti, a partire dall'inizio invaiatura sedici ore di umettazione sono sufficienti per l'infezione di bacche integre, mentre su acini lesionati si passa dalle otto ore necessarie alla contaminazione in fase di allegazione alle quattro ore su acini che stanno virando di colore. Su acini maturi la semplice lesione è sufficiente a consentire l'insediamento del patogeno anche in assenza di umettazione.

Gli stadi fenologici nei quali la bacca è maggiormente suscettibile alla contaminazione sono quindi la fine fioritura, per la presenza dei residui fiorali facilmente colonizzabili dal fungo, e tutta la fase di maturazione a partire dall'inizio invaiatura. In tali stadi il verificarsi di piogge o di umettazioni prolungate aumenta sensibilmente il rischio di infezione. Sono quindi la fine fioritura (A), l'inizio invaiatura (C) e l'approssimarsi della maturazione (D) i periodi nei quali è più opportuno collocare un eventuale intervento con fungicidi antibotritici, con l'aggiunta della pre-chiusura del grappolo (B) nei vitigni a grappolo compatto, in considerazione del fatto che le bacche interne, le più esposte a rischio di lesione, dopo questa fase non sono più raggiungibili dal trattamento. L'applicazione del fungicida è condizionata dal verificarsi di condizioni meteorologiche favorevoli al patogeno, consentendo di eseguire un unico intervento tra le fasi A e B e tra le fasi C e D in concomitanza di piogge abbondanti o di prolungate bagnature.

Le sostanze attive utilizzabili in vigneto nei confronti di *B. cinerea* sono caratterizzate da cinque diversi meccanismi d'azione. Il loro uso deve essere improntato da un lato alla considerazione del reale rischio che *B. cinerea* infetti il grappolo, e dall'altro da un'alternanza dei meccanismi d'azione, allo scopo di diminuire la pressione di selezione sulla popolazione del patogeno con il conseguente affermarsi di individui resistenti (Vercesi *et al.*, 2014).



Figura 10: sintomi di muffa grigia su foglia



Figura 11: sporulazione di *Botrytis cinerea* su acini infetti

Tignoletta

Tignoletta [*Lobesia botrana* (Denis e Schiffermüller)] e tignola [*Eupoecilia ambiguella* (Hübner)] della vite sono due carpfagi di grande impatto economico, non solo per le perdite quantitative della produzione, ma anche per i danni indiretti legati allo sviluppo di marciumi che compromettono la qualità delle uve (Marchesini e et al., 2020).



Figura 12: *Lobesia Botrana* (Tignoletta)

La tignoletta della vite *Lobesia botrana* è una specie diffusa praticamente in tutti i paesi del mediterraneo, compresi quelli nordafricani, in Portogallo e in alcune aree africane centrorientali come Etiopia e Kenya. La tignoletta svolge tre generazioni annuali, di cui la seconda e la terza a spese degli acini, determinando talvolta perdite economiche rilevanti (Boselli *et al.*, 2000). È stato tuttavia segnalato in Emilia Romagna, come già evidenziato anche in altre zone viticole del nord, come in condizioni climatiche favorevoli il fitofago possa compiere un quarto volo (Scannavini M. et al, 2010).

L'adulto ha un'apertura alare di 10-12 mm; le ali anteriori sono cosparse di macchie brune miste ad altre di colore grigiastro o bluastro che ricordano vagamente il marmo. Il campo basale, bruno-verdastro, è limitato da una banda scura. Dalla parte mediana del bordo costale ha inizio una banda scura trasversale che va restringendosi fino al bordo posteriore. Le ali posteriori sono di colore grigio (figura 12). La specie non presenta uno spiccato dimorfismo sessuale.



Figura 13: Ciclo biologico di *Lobesia botrana* (Zangheri *et al.*, “Lepidotteri dei fruttiferi e della vite”, Bayer)

Le uova, lenticolari, presentano una colorazione dapprima giallastra, in seguito grigio chiara. La larva neonata ha colore biancastro e capo bruno. Lo sviluppo larvale passa attraverso cinque stadi. La larva matura misura circa 9-10 mm, ha colorazione che vari dal giallo-verdastro al bruno, con aree setifere più chiare; il capo è giallo-bruno.

Lobesia botrana sverna come crisalide, all'interno di un bozzolo riparato tra le cortecce e la comparsa degli adulti ha inizio nel mese di aprile; lo sfarfallamento può durare

oltre un mese e i maschi compaiono prima delle femmine. Gli adulti hanno una attività prevalentemente crepuscolare che diviene sensibile con temperature superiori a 15°C. L'accoppiamento ha luogo pochi giorni dopo lo sfarfallamento. Una femmina può deporre fino ad un centinaio di uova e in prima generazione l'incubazione dura 7-11 giorni. Le larve erodono i bottoni fiorali avvolgendoli con fili sericei formando caratteristici glomeruli. Il volo della seconda generazione inizia a metà giugno o inizio luglio e prosegue per tre-quattro settimane. Lo sfarfallamento presenta spesso un picco, individuato a 1-2 settimane dall'inizio del volo e l'ovideposizione ha luogo sugli acini verdi in accrescimento. La schiusura avviene in solo 3-4 giorni; nelle prime fasi le larve praticano profondi fori penetrando negli acini, mentre le larve prossime alla maturità tendono ad erodere gli acini in superficie. Lo sfarfallamento degli adulti della terza generazione ha inizio nel mese di agosto e prosegue per alcune settimane (figura 13). L'ovideposizione ha luogo su acini prossimi alla maturazione (Zangheri *et al.*, 1992). Le larve della prima generazione, le cui uova sono deposte in prevalenze sui bottoni fiorali, attaccano i fiori, mentre le larve delle due generazioni successive, carpofaghe, oltre a causare perdite di produzione, possono facilitare lo sviluppo della muffa grigia (*Botrytis cinerea*) o di muffe secondarie (*Rhizopus*, *Aspergillus*, *Penicillium*, ecc.). L'insetto, infatti, oltre a favorire la formazione di ferite attraverso le quali i patogeni possono facilmente penetrare, è in grado di trasportare gli organi di propagazione fungina sia internamente sia esternamente all'acino. Seguendo i criteri di lotta integrata, raramente si rendono necessari i trattamenti insetticidi contro la prima generazione di *L. botrana*. L'esatto posizionamento degli insetticidi specifici ad azione ovaricida in funzione delle loro caratteristiche richiede il monitoraggio sia dei voli del fitofago mediante trappole a feromoni, sia dell'andamento delle ovodeposizioni attraverso l'osservazione visiva dei grappoli. Un prezioso aiuto in tal senso è fornito anche dall'utilizzo di modelli previsionali che consentono di seguire la fenologia del fitofago in base alle temperature giornaliere.

In generale, per prevenire la resistenza è bene ricorrere a strategie che prevedono di alternare le molecole tra una generazione e l'altra e comunque seguire le indicazioni

fornite dall'Irac (Insecticide Resistance Action Committee) (Scannavini M. *et al.*, 2010).

La tecnica di confusione sessuale è consolidata e ampiamente adottata nelle strategie di difesa integrata e biologica (Marchesini *et al.*, 2020).

La tecnica, come è noto, consiste nella diffusione nel vigneto, per mezzo di appositi erogatori (dispenser passivi), del feromone sessuale della specie bersaglio per inibire nei maschi la capacità di rintracciare le femmine e accoppiarsi con esse.

Nella generalità dei casi la tecnica si è dimostrata in grado di mantenere livelli di infestazione significativamente e consistentemente più bassi rispetto a quelli riscontrati nei vigneti testimone non trattati, con valori di riduzione spesso superiori al 90% e, ciò che appare più importante, infestazioni accettabili alla vendemmia.

Le indagini svolte in toscana dal 2001 al 2006 hanno permesso di confermare che la confusione sessuale, quando applicata in contesti idonei, su superfici sufficientemente ampie e con adeguati materiali, esprime elevati livelli di efficacia, comparabili e talvolta superiori a quelli di metodi basati su interventi insetticidi tradizionali. Tale efficacia tende a migliorare con l'estendersi della superficie trattata e con il ripetersi dell'applicazione negli anni. In ambienti con problemi fitosanitari particolari (densità di popolazione di *L. botrana* assai elevate, presenza di *S. titanus*, pullulazioni locali di altri fitofagi dannosi) la confusione può rappresentare la piattaforma di contenimento delle tignole sulla quale inserire, in caso di necessità, opportuni e mirati trattamenti insetticidi. La confusione sessuale trova un valore aggiunto nel processo di qualificazione professionale che la sua applicazione richiede, nonché nelle sue specifiche caratteristiche di metodo preventivo a elevata ecocompatibilità che si avvantaggia di una gestione comprensoriale, favorendo così lo sviluppo di un sistema di protezione integrata e sostenibile su larga scala (Lucchini *et al.*, 2007).

I sistemi di supporto alle decisioni (DSS) sono sviluppati per ricreare a virtuale le condizioni agronomiche presenti in campo. Basati su modelli previsionali, essi utilizzano i dati meteorologici per generare avvisi e informazioni dirette su aspetti

livello chiave, quali: crescita fenologica della pianta, rischio e pressione infettiva di funghi e insetti, scelta, applicazione ed efficacia dei prodotti fitosanitari.

Di seguito alcuni dei principali sistemi disponibili in commercio elencati in ordine alfabetico.

Digiteco

Digiteco è una società bolognese che realizza stazioni agrometeorologiche professionali e dispone di modelli di previsione e simulazione per la peronospora, l'oidio, la muffa grigia e la tignola della vite. Fornisce inoltre informazioni su evapotraspirazione potenziale e previsioni e allarmi su gelate e brinate tardive. I modelli per la peronospora primaria si basano sulla vecchia regola dei «tre dieci» e il sistema simula informazioni sulle probabili infezioni riscontrate nel periodo analizzato. All'utente è richiesto di inserire la data in cui il germoglio supera i 10 cm e la suscettibilità varietale. Il sistema restituisce dati e grafici su andamento di incubazione, periodo di infezione e parametri meteorologici. Il modello per la peronospora secondaria segue i dati di letteratura della tabella di Goidanich e ha come input la temperatura e l'umidità relativa dell'aria, attraverso i quali fornisce un grafico sulla progressione giornaliera dell'incubazione. Per la botrite il sistema fornisce informazioni sulla data di raggiungimento della soglia di rischio e calcola l'incubazione, partendo dalla regola dei «2-15».

Per il modello oidio, Digiteco basa la sua stima sul modello IPIO (indice di potenziale di infezione oidica) simulando il numero progressivo dell'infezione per distinguerla dalle precedenti, la data di inizio dell'infezione e le condizioni metereologiche che l'hanno generata. L'utente dovrà inserire i dati sulla suscettibilità varietale; altri parametri in ingresso sono i giorni dal germogliamento della vite, temperatura, bagnatura fogliare e pluviometria. Per la tignoletta il modello fornisce il tasso di sviluppo per ogni stadio dell'insetto. Il parametro di utilità per l'applicazione del modello è la temperatura. La stima del tasso di sviluppo della tignoletta in funzione della temperatura media giornaliera si ottiene per mezzo di un'equazione che può essere usata per ogni stadio dell'insetto.

Fieldclimate

Fieldclimate, sviluppato da Metos dell'austriaca Pessl Instruments, attraverso i dati grezzi di pioggia, bagnatura fogliare, temperatura dell'aria e umidità rilevati dalle centraline installate in campo, calcola, grazie ai modelli matematici previsionali, il rischio per le principali fitopatie e insetti.

Per la precisione: ● infezioni primarie di peronospora in base a Cortesi, Hill e altri modelli; ● infezioni secondarie di peronospora basate sul lavoro di Arens, Blaeser e Gehmann; ● incubazione della peronospora basata sul lavoro di Mueller e Sleumer; ● rischio oidio secondo Gubler e Thomas; ● rischio botrite secondo Brrom e altri; ● modello di infezione per il marciume nero; ● tignoletta della vite; inoltre vengono calcolate le precipitazioni cumulate per la definizione del dilavamento e della crescita fogliare.

Savegrape

Savegrape è un sistema Internet of Things (IoT) progettato per monitorare le coltivazioni e proteggerle dalle malattie più diffuse e da condizioni ambientali svantaggiose. È stato sviluppato da Auroras, una start up tecnologica innovativa che sviluppa e progetta sensoristica in ambito agricolo e civile. I sensori rilevano i dati di interesse che sono automaticamente inviati, tramite un gateway, al centro servizi di Auroras. Qui vengono raccolti e istantaneamente rappresentati in grafici o mappe che il cliente può consultare da un qualsiasi dispositivo con connessione a internet. I modelli per la peronospora primaria si basano sulla nota regola dei «tre dieci»; l'elaborazione dei parametri climatici con il modello restituisce informazioni sulle «probabili infezioni» riscontrate nel periodo analizzato; al viticoltore viene richiesto di inserire la data in cui il germoglio raggiunge i 10 cm e la suscettibilità varietale. All'interno del modello per la peronospora secondaria entrano i dati di temperatura e umidità relativa, attraverso i quali Savegrape simula l'andamento della curva di incubazione sulla base della tabella di Goidanich. Per la botrite la base scientifica è la regola dei «2-15», mentre per l'oidio l'indice potenziale d'infezione (modello IPIO). La simulazione avviene a partire dalla fuoriuscita delle spore dai cleistoteci (le strutture

svernanti del fungo). La dispersione simulata avviene con piogge di almeno 2,5 mm e temperature superiore ai 10 °C. Per la forma conidica (*Oidium tuckeri*) si simula lo sviluppo anche a temperature basse (a partire da 5 °C fino a 30-35 °C, ottimale 27 °C) e in presenza di scarsa umidità relativa (inferiore al 50%).

Vinesense

Vinesense è un sistema automatizzato sviluppato dall'Università di Firenze nell'ambito del progetto europeo GoodFood e commercializzato dall'azienda Netsens. Il servizio, attraverso una serie di sensori distribuiti per evidenziare le differenze microclimatiche e valutare l'innescò e lo sviluppo dei patogeni (peronospora, oidio, botrite) nelle varie zone del vigneto, scandisce l'agenda fenologica e il calendario dei trattamenti per sincronizzare facilmente i modelli con l'effettivo sviluppo fenologico della pianta durante la stagione. I modelli agronomici utilizzano i dati (temperatura, umidità, pioggia, ecc.) realmente percepiti dalle piante nel filare e le informazioni sono accessibili da qualunque computer, tablet e smartphone grazie al software Livedata, uno strumento di visualizzazione grafica con cui è possibile creare report e configurare gli alert via sms.

Vite.net®

Vite.net® è un sistema di supporto alle decisioni per la coltivazione della vite secondo i principi della viticoltura sostenibile, compresa la produzione integrata. È stato sviluppato da Horta, spin-off dell'Università Cattolica del Sacro Cuore di Piacenza. I supporti e gli allarmi forniti da Vite.net® sono riferiti a un'«unità produttiva (up)», ossia a uno o più vigneti con caratteristiche varietali geomorfologiche e colturali che presentano elementi di uniformità. L'unità produttiva può essere tradotta come un vigneto speculare al reale all'interno di una piattaforma web. L'utente definisce, attraverso la compilazione di una serie di campi presenti nel sistema, il suo vigneto virtuale; tali informazioni, insieme ai dati rilevati nel vigneto attraverso sensori o monitoraggi, costituiscono gli input per gli algoritmi operanti nel sistema. Gli output di questi modelli, aggiornati di ora in ora, offrono informazioni e previsioni su aspetti chiave della gestione del vigneto: la difesa dalle malattie fungine (peronospora

primaria e secondaria, oidio ascosporeiche e oidio conidi, marciume nero, botrite) e dagli insetti (tignoletta, scafoideo e planococco); la protezione assicurata dall'ultimo trattamento effettuato; lo sviluppo della pianta; gli stress termici e idrici. Inoltre, il sistema fornisce un data base aggiornato di tutti i fitofarmaci e i concimi autorizzati per la vite, consente di tenere un registro delle operazioni colturali e di creare report durante tutta la stagione. Il sistema ha il pregio di avere una base scientifica solida, grazie alla ricerca dell'università di appartenenza e del gruppo di lavoro, e restituire in chiave semplice e chiara i complessi algoritmi interni.

Vitimeteo

Vitimeteo è un sistema di previsione per la protezione delle piante in viticoltura, con sistemi di allerta per la peronospora, l'oidio, il marciume nero, il legno nero sulla base delle osservazioni del suo vettore (*Hyalestes obsoletus*) e modelli per lo sviluppo fenologico; è stato elaborato da Agroscope Changins-Wä Denswil Acw in collaborazione con il Weinbauinstitut di Friburgo (Germania) e programmato dalla ditta Geosens. I modelli per l'oidio e la peronospora forniscono il livello di rischio d'infezione sotto forma tabellare rappresentato con l'ausilio di un colore codice: verde per assenza di rischio e tre sfumature di rosso per segnalare un rischio debole, medio e forte. Il numero presente nelle caselle rosse corrisponde alla somma delle temperature orarie medie dell'umettazione delle foglie. La tabella comprende, oltre alla misurazione del rischio degli ultimi 5 giorni, la previsione del rischio per i successivi 5 giorni (date iscritte in un riquadro grigio). Quest'ultima si basa sulle previsioni meteorologiche fornite da Meteoblue (www.meteoblue.com) ed è calcolata per il luogo esatto dove è ubicata la stazione di misurazione.

Wiforwine

Wiforwine è un sistema di supporto alle decisioni per la gestione del vigneto attraverso il monitoraggio di parametri riguardanti clima, terreno e pianta. Wiforwine fornisce indicazioni che consentono di ridurre l'utilizzo di prodotti fitosanitari, aumentare qualità e quantità del raccolto, migliorare la gestione del consumo idrico e ottimizzare la gestione generale dei processi di lavoro. È stato ideato da primo principio, da una

società cooperativa sarda costituita da ingegneri ed esperti in scienze sociali che oltre all'applicativo per il vigneto ha sviluppato anche: Wiforolive (soluzione per il monitoraggio e la gestione avanzata dell'oliveto), Wiforagri (monitoraggio delle colture agricole) e Wiforwater (per rilevare in tempo reale il regime idrometrico del corso d'acqua nel bacino oggetto d'indagine e per gestire la risorsa idrica e valutare eventuali situazioni di rischio).

1.6 Normativa italiana sull'uso sostenibile dei fitofarmaci

La direttiva 2009/128/CE che istituisce un quadro per l'azione comunitaria ai fini dell'utilizzo sostenibile dei prodotti fitosanitari, assegna agli Stati membri il compito di garantire l'implementazione di politiche e azioni volte alla riduzione dei rischi e degli impatti sulla salute umana, sull'ambiente e sulla biodiversità derivanti dall'impiego di prodotti fitosanitari.

Tali politiche devono assicurare lo sviluppo e la promozione di metodi di produzione agricola a basso apporto di prodotti fitosanitari, realizzare un uso sostenibile dei prodotti fitosanitari riducendone i rischi e gli impatti sulla salute umana e sull'ambiente, promuovendo l'uso della difesa integrata e di approcci o tecniche alternativi, quali il metodo dell'agricoltura biologica e le alternative non chimiche ai prodotti fitosanitari.

In Italia i decreti legislativi del 14-8-2012 e del 22-1-2014 (adozione del Piano di azione nazionale per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari) stabiliscono che, nell'ambito della difesa integrata obbligatoria, gli utilizzatori professionali di prodotti fitosanitari e le aziende agricole (Azione A.7.2.3) devono conoscere, disporre direttamente o avere accesso a:

- dati meteorologici dettagliati per il territorio di interesse;
- dati fenologici e fitosanitari forniti da una rete di monitoraggio e, dove disponibili, da sistemi di previsione e avvertimento basati sui modelli matematici;
- bollettini territoriali di difesa integrata per le principali colture;

- materiale informativo per l'applicazione della difesa integrata.

Risulta quindi evidente come, nell'ottica di recepire e avere rapido accesso alle informazioni, in questi ultimi anni, siano stati creati e implementati numerosi servizi informatici che forniscono in maniera immediata i dati necessari alla gestione colturale (Carotenuto, 2018).

In questo contesto diventa fondamentale l'attuazione di interventi di gestione del vigneto che migliorino l'impatto ambientale, accrescano il reddito del viticoltore e riducano i rischi per la comunità e il consumatore.

L'implementazione di una viticoltura sostenibile richiede un'attenta organizzazione di tutte le attività aziendali e una spiccata professionalità dei tecnici che prendono le decisioni, dal livello strategico, a quello tattico, a quello operativo (Salinari F. *et al.*, 2012).

I tecnici del consorzio agrario Terrepadane, in quest'ottica, si impegnano quotidianamente a mettere in atto un'assistenza tecnico agronomica sostenibile, perseguendo sia la sostenibilità economica per l'azienda agricola che la sostenibilità ambientale.

1.7 L'assistenza tecnica

Con la direttiva europea 128/2009, le strategie della politica comunitaria si sono caratterizzate sempre più da una elevata attenzione per l'ambiente naturale e agrario. La «direttiva per l'uso sostenibile degli agrofarmaci», prevede come obiettivi la riduzione dei rischi sulla salute umana e sull'ambiente, legata appunto all'utilizzo dei prodotti fitosanitari e alla razionalizzazione del loro impiego con l'introduzione della difesa integrata e dell'agricoltura biologica.

La viticoltura italiana, nell'ultimo decennio, è diventata sempre più sensibile alle tematiche ambientali e alla salute dell'operatore e del consumatore. Parlando dell'Oltrepò pavese, per esempio, si sta progressivamente passando da sistemi produttivi atti a produrre grandi quantità ad una viticoltura sempre più attenta a pratiche

agronomiche che salvaguardino l'entomofauna naturale e che puntino a produzioni vitivinicole di qualità.

In quest'ottica, il ruolo di strutture di supporto tecnico all'attività delle aziende agricole diventa sempre più di fondamentale importanza. A questa responsabilità adempiscono attualmente sia strutture pubbliche che private. I più importanti enti pubblici sono i consorzi fitosanitari provinciali obbligatori, una soluzione pensata nel 1931 ancora attualissima, che si configura come struttura strategica, moderna, al servizio degli agricoltori italiani. Si tratta di enti di diritto pubblico, non economico, dipendenti dalla regione di appartenenza, gestiti e autofinanziati.

Terrepadane è un consorzio agrario che dispone di una rete di tecnici agronomici formati da studi universitari che mette a disposizione il suo sapere al servizio delle aziende agricole in tutti i campi in cui opera.

Terrepadane fornisce un vero e proprio "supporto personale" alla produzione agricola, sia nella vendita di mezzi tecnici che nella commercializzazione del prodotto dopo la raccolta, all'allevamento, alla vendita e all'assistenza nell'utilizzo delle macchine operatrici, da servizi di gestione aziendale come il quaderno di campagna a servizi finanziari grazie alla collaborazione con numerose banche.

La difesa fitosanitaria oggi risulta tutt'altro che semplice a causa dell'aumento delle resistenze delle fitopatie che colpiscono tutte le colture e le restrizioni sull'utilizzo dei prodotti fitosanitari messe in atto con le leggi a tutela dell'ambiente. Numerosi sono i prodotti fitosanitari presenti ancora in commercio con altrettanti principi attivi con differente modalità di azione e relativi tempi di utilizzo in base alla fase fenologica della coltura a riferimento. Bisogna considerare anche le moderne formulazioni, a volte complesse, dei numerosi prodotti presenti ancora in commercio e le informazioni che riportano le etichette di questi prodotti, non sempre chiare o di facile interpretazione per l'agricoltore. Circa i piani di difesa, va infatti sottolineato che non sempre le schede dei prodotti fitosanitari riportano, oltre al numero di trattamenti e alla cadenza, indicazioni dettagliate circa le epoche di utilizzo. Inoltre, in molti casi, lo scarso collegamento tra produttori e assistenza tecnica fa sì che alcuni operatori facciano

impropriamente alcuni interventi non ammessi dal disciplinare di difesa regionale adoperando più prodotti simili contemporaneamente inducendo quindi la resistenza da parte del patogeno (Laccone, 2014).

Per quanto riguarda l'assistenza tecnica legata alla produzione agricola, i tecnici di Terrepadane seguono l'agricoltore durante tutto il corso della campagna agraria, preparando piani di difesa fitosanitaria e di concimazione ad hoc, sulla base delle esigenze produttive delle singole aziende e dei maggiori rischi ambientali, perseguendo la sostenibilità.

1.8 La sostenibilità: vision di Terrepadane

Cosa significa sostenibilità in agricoltura? Si tratta di un nuovo approccio alla produzione centrato sulla riduzione dell'impatto ambientale, migliorando al contempo le prospettive produttive ed economiche dell'azienda agricola.

L'essere sostenibile dovrebbe essere un nuovo stile di lavoro e di vita dedicato alla conservazione delle risorse ambientali per preservarle dalla scomparsa e per garantirne l'utilizzo e il beneficio alle prossime generazioni di organismi viventi. È quindi l'impegno di tutti per consumare meno energia fossile, meno acqua, per conservare la biodiversità, per garantire il lavoro e il rispetto dei valori della persona e delle professioni (figura 14).

Per poter raggiungere obiettivi di sostenibilità ambientale l'imprenditore deve tener conto del valore sociale di ogni iniziativa imprenditoriale tesa allo sviluppo sostenibile, ma anche dei suoi costi e dei redditi futuri acquisibili. Infatti l'innovazione può comportare necessità di investimenti in personale e tecnologie, quindi costi.



Figura 14: i pilastri della sostenibilità (Capri *et al.*, 2012)

Si parla di consapevolezza tecnologica - riconosco che attraverso nuovi strumenti tecnologici e metodologici è possibile uno sviluppo sostenibile concreto? – e consapevolezza sociale – riconosco l’importanza sociale dello sviluppo sostenibile e il mio ruolo nel realizzarla su scala locale e globale?

Il settore agroindustriale, come nessuno degli altri settori produttivi, vede con altrettanta empatia la necessità del cambiamento verso lo sviluppo sostenibile. Questo nuovo approccio anche culturale alle produzioni mette al centro delle decisioni non solo gli aspetti imprenditoriali, ma anche quelli tecnici e legati all’aspetto produttivo. In quest’ottica le professioni dell’agronomo e tutte quelle collegate all’agroindustria, come quella dell’enologo, vedono accrescere la loro importanza, ma anche la loro responsabilità nel compiere scelte che siano veramente intese a migliorare le performance ambientali delle aziende agricole senza limitarle, ma anzi migliorando le prospettive produttive ed economiche aziendali.

Per implementare un programma di sostenibilità l’obiettivo deve essere stabilito insieme ai portatori d’interesse, cioè coloro che sostengono i costi e fruiscono dei benefici del programma, che in inglese vengono denominati stakeholder. Chi è o chi sono gli stakeholder di un programma di sviluppo sostenibile? Gli stakeholder più importanti sono l’imprenditore agricolo, i familiari, gli operai e i lavori aziendali, i consumatori, i cittadini residenti in prossimità delle aziende, gli astanti, i clienti dei prodotti agricoli venduti. In un programma di sostenibilità si può scegliere di

raggiungere (coinvolgendo) solo alcuni di questi stakeholder o tutti. La scelta è dell'imprenditore.

Sviluppare un percorso di sostenibilità globale che raccolga tutti gli aspetti economici, ambientali e sociali è la modalità più corretta, ma anche la più lunga.

Al di là dei programmi di sostenibilità, è indispensabile comunque adottare pratiche sempre più accorte, quali la difesa integrata delle colture, ormai parte integrante dei disciplinari di difesa delle diverse regioni, l'utilizzo di quelle che vengono chiamate «buone pratiche agricole», anch'esse promosse dal legislatore europeo e, infine, l'impiego dei nuovi strumenti di gestione “a supporto delle decisioni”.

L'ultima fase nel percorso di costruzione di un programma di sostenibilità è l'identificazione di indicatori. Essi vanno scelti dopo aver stabilito gli obiettivi del percorso e devono essere associati alle singole risorse e alle misure di miglioramento-mitigazione previste. Gli indicatori di sostenibilità hanno la funzione di:

- valutare il livello di raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità decisi nella strategia di sviluppo;
- dimostrare l'efficacia delle scelte agli stakeholder; alimentare i programmi di comunicazione e propaganda commerciale;
- definire le strategie di miglioramento-mitigazione.

Gli indicatori disponibili sono diversi e devono adeguarsi al percorso di sostenibilità scelto dall'azienda.

Il percorso di sostenibilità pretende crescita in consapevolezza, acquisizione di nuove tecnologie e intervento proattivo nella gestione imprenditoriale.

Gli indicatori disponibili nella letteratura sull'argomento sono numerosi. Misurano la variazione di una funzione o di un elemento strutturale dell'ecosistema o una riduzione del rischio d'impatto ambientale, ad esempio:

- carbon footprint, misura le emissioni di gas serra in termini di equivalenti di anidride carbonica;

- water footprint, impronta dell'acqua, espressa come quantità necessaria per produrre un'unità di prodotto;
- indicatori di biodiversità, impronta delle attività agricole sul numero e numerosità degli organismi vegetali e animali;
- ecological footprint, l'impronta delle attività umane generiche su struttura e funzioni degli ecosistemi.

In modo analogo esistono indicatori per la risorsa umana (ad esempio, numero di occupati, numero di incidenti, ecc.), economica, sociale, alimentare e così via. In alternativa indicatori specifici possono essere aggregati in modelli misti di performance o decisionali. Un esempio è la procedura di calcolo basata sul ciclo di vita dei prodotti (lca) che include anche gli impatti ambientali ed economici. Grazie alla creazione di un indicatore sull'impatto ambientale degli agrofarmaci si può ad esempio verificare la bontà di una strategia di difesa rispetto a un'altra, si può privilegiare l'utilizzo di prodotti che oltre ad avere una buona prestazione fitosanitaria assicurino anche il minimo impatto sull'ambiente di coltivazione (Capri *et al.*, 2012).

1.9 Obiettivi del progetto: sviluppo di soluzioni innovative come unico mezzo per raggiungere la vision di Terrepadane - Horta e vite.net®

In questo contesto di assistenza tecnica unita ad una moderna visione dell'azienda, l'accesso continuativo a informazioni aggiornate su condizioni ambientali, situazione dei vigneti, presenza ed evoluzione di insetti e malattie rappresenta un elemento chiave per poter prendere decisioni coerenti con i principi della sostenibilità.

Lo stato dell'arte iniziale è quello di una viticoltura povera (in base ai prezzi medi delle uve pagati dalle Cantine Sociali negli ultimi tre anni, la PLV media dell'Oltrepò su un ettaro di vigneto può variare dai 4.000 ai 6.000€/ha, a seconda della varietà coltivata) poco propensa alle innovazioni tecnologiche, anche per una età media dei titolari elevata (oltre il 50% dei titolari di azienda ha più di 60 anni, fonte ISTAT) ed un lento ricambio generazionale. L'elevata frammentarietà delle aziende (e delle conseguenti

superfici (in media 3,5 ha/azienda, fonte ISTAT) risulta un altro elemento critico per il tecnico agronomo, in quanto un'azienda di ridotte dimensioni, spesso allocata in zone disagiate, difficilmente può permettersi il lusso di una presenza fissa in campo per la scelta accurata delle migliori strategie di gestione della coltura.

È proprio in questo contesto apparentemente difficile, dove le tecnologie innovative e la digitalizzazione (intesa anche come vettore per il passaggio rapido di informazioni), possono coadiuvare tecnico e titolare aziendale verso un'assistenza tecnica sempre più mirata ed ecosostenibile (grazie ai minori sprechi di risorse con l'utilizzo dei DSS), anche in funzione ovviamente di una sostenibilità economica, raggiungendo un numero sempre più ampio di aziende.

Per una azienda come Terrepadane, che punta ad essere riconosciuta come referente principale per tutte le colture e su tutti i territori nei quali opera, l'obiettivo di raggiungere il maggior numero di aziende con mezzi alternativi, laddove per ovvi motivi di chilometraggio e di ore impegnate/tecnico non può farlo, risulta fondamentale se si vuole continuare ad incrementare la propria penetrazione sul territorio.

Vite.net® è un servizio internet che risponde a tali esigenze. Si tratta di un sistema di supporto alle decisioni per la coltivazione della vite secondo i principi della viticoltura sostenibile e, in dettaglio, della produzione integrata.

Questo sistema è stato sviluppato nell'ambito del progetto europeo MoDeM_IVM (A web-based system for real-time monitoring and decision making for integrated vineyard management; www.modem_ivm.eu) coordinato da Horta, società spin-off dell'Università Cattolica del Sacro Cuore di Piacenza. Vite.net® è stato progettato per essere utilizzato dal «manager del vigneto», cioè da colui che prende le decisioni relative alla gestione del vigneto o che fornisce assistenza tecnica al viticoltore (Salinari F. *et al.*, 2012). Nel nostro caso, il tecnico di Terrepadane.

Vite.net® offre informazioni relative agli aspetti chiave della gestione del vigneto: la difesa dalle malattie fungine e dagli insetti dannosi, lo sviluppo della pianta e la stima della produzione, la gestione della chioma, gli stress termici e idrici.

I supporti e gli allarmi forniti da Vite.net[®] sono riferiti a una unità produttiva, ossia a uno o più vigneti, o a una porzione di vigneto, con caratteristiche varietali, di sesto e densità di impianto e condizioni di terreno che permettano una gestione uniforme nel corso della stagione.

Ciascuna UP è caratterizzata dall'utente tramite informazioni sito-specifiche sia statiche (che non cambiano nel corso della stagione e sono immesse nel sistema dall'utente una volta sola) sia dinamiche (che cambiano nel corso della stagione).

Il sistema informatico riceve in tempo reale i dati rilevati nel vigneto e li utilizza come variabili di input per i modelli previsionali operanti nel sistema, i cui output vengono aggiornati di ora in ora.

Il servizio è fornito via internet tramite qualsiasi browser, disponibile 7 giorni su 7, 24 ore su 24, e non richiede l'installazione di specifici programmi.

La navigazione all'interno del portale di Vite.net[®] è intuitiva e dinamica e permette di scegliere il livello di dettaglio con cui esplorare le informazioni fornite. Tali informazioni sono visualizzate in un formato grafico che sfrutta colori e simboli in grado di comunicare in modo immediato, efficace e univoco lo stato di ciascun componente di gestione del vigneto.

Il DSS raccoglie, organizza, interpreta e integra in modo automatico le informazioni provenienti dal monitoraggio dell'«ambiente vigneto». Il DSS analizza questi dati per mezzo di avanzate tecniche di modellistica e, sulla base degli output dei modelli, genera una serie di allarmi e supporti alle decisioni.

Nel corso della stagione, i sensori meteo (accorpati in una centralina meteo o sensori wireless collocati nella vegetazione e/o nel suolo) installati nel vigneto rilevano e trasmettono in tempo reale via GPRS i dati al DSS.

L'utente che accede al servizio ha a disposizione una schermata in cui sono presenti le informazioni di sintesi per le principali funzionalità. Queste forniscono un quadro immediato della situazione al momento della consultazione per quello che concerne la pianta, le malattie, gli insetti e gli stress abiotici.

Ad esempio, le informazioni di dettaglio per le malattie mostrano l'evoluzione nel tempo delle diverse fasi dei processi che portano al realizzarsi di un'infezione e alla successiva comparsa dei sintomi.

Con lo stesso criterio l'utente può accedere ai dati meteo registrati nell'unità produttiva. Le informazioni di dettaglio sono relative ai dati giornalieri e sono fornite in formato grafico, a partire dal 1° marzo.

I sistemi di supporto alle decisioni applicati nell'agricoltura integrata sono rappresentati da modelli matematici o statistici che descrivono l'epidemiologia di una malattia fungina o le dinamiche di sviluppo di popolazioni di fitofagi. Un modello può essere definito come una rappresentazione semplificativa di una parte di realtà (per esempio un oggetto, un processo) basata sulle conoscenze attualmente disponibili. Sono due le più importanti categorie di modelli a supporto dell'agricoltura integrata: modelli empirici e modelli meccanicistici.

I modelli empirici organizzano dati e standardizzano le loro relazioni in termini di rappresentazioni matematiche o statistiche (per esempio correlazione tra la diffusione di un patogeno e la temperatura dell'aria. I modelli empirici forniscono informazioni utili per analizzare le relazioni all'interno di un sistema sconosciuto o poco sconosciuto.

I modelli meccanicistici descrivono un processo (per esempio le dinamiche di sviluppo di un patogeno) basati su meccanismi funzionali sottostanti del processo. I modelli meccanicistici sono molto importanti per analizzare le risposte biologiche in funzione di uno o più variabili ambientali indipendenti (temperatura dell'aria, umidità relativa, etc).

La scelta del modello da utilizzare risulta fondamentale quando si crea un sistema di supporto alle decisioni (Rossi *et al*, 2019). Il DSS Vite.net® è composto da differenti moduli che forniscono gli aggiornamenti delle informazioni riguardanti le unità produttive attraverso un approccio olistico (Rossi *et al.*, 2014).

Le diverse funzionalità del DSS sono basate su modelli matematici: le funzionalità relative alla pianta, i modelli per le malattie (modelli dinamici di tipo meccanicistico,

relativi a peronospora, mal bianco, muffa grigia, black rot e flavescenza dorata), i modelli per gli insetti (tignoletta, cocciniglia farinosa e *S. titanus*) e i modelli per gli stress abiotici (basse temperature e stress idrico) (Salinari F. *et al.*, 2012).

Per la peronospora, ad esempio, il modello per le infezioni primarie è in grado di simulare la dinamica di fuoriuscita dalla dormienza e di germinazione delle oospore, unica forma di inoculo svernante del patogeno, e i periodi di maggior rischio per le infezioni. Queste informazioni permettono di definire la pressione epidemica della malattia, ovvero la quantità relativa di famiglie di oospore che, durante la stagione, hanno trovato le condizioni favorevoli per completare il proprio ciclo di infezione e ci aiuta quindi a definire quali sono i momenti migliori per effettuare trattamenti fitosanitari in misura preventiva contro tale avversità (Caffi T. *et al.*, 2018).

In definitiva, Vite.net® permette all'utente di praticare una gestione sostenibile del vigneto, obiettivo del presente progetto, con molteplici risvolti positivi:

- attuazione della produzione integrata,
- un migliore uso delle risorse disponibili,
- una riduzione dell'uso dei prodotti fitosanitari (stimabile in – 30 - 40%)
- un conseguente diminuzione dell'impatto ambientale;
- riduzione dei tempi e dei costi necessari per raccogliere le informazioni e gli elementi necessari per prendere decisioni circa la gestione del vigneto;
- miglioramento del prodotto finale grazie a una più puntuale gestione della chioma e a un minor impiego di prodotti chimici (e dei relativi residui).

Con l'entrata in vigore della direttiva 2009/128/CE sull'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari, Vite.net® offre al viticoltore la possibilità concreta di implementare la difesa integrata e di fornire giustificazione delle proprie decisioni relative alla difesa, qualora fosse soggetto a controlli di verifica di conformità. Nella direttiva e nella bozza del Piano nazionale d'azione (Pna) le attività di monitoraggio e i sistemi di allerta basati su modelli epidemiologici, quali quelli operanti in Vite.net®, sono infatti indicati tra le soluzioni tecniche per l'implementazione della difesa integrata e la riduzione della dipendenza ai prodotti fitosanitari (Salinari F. *et al.*, 2012).

Tutto ciò è stato reso disponibile anche attraverso la Web-app vite.snap. Infatti ad oggi sono oltre 600 le Webapp scaricate che in modo simile consentono di generare un vigneto virtuale o una stazione meteo virtuale con l'obiettivo di informare in modo personalizzato il singolo viticoltore, allertandolo sulla necessità di un trattamento fungicida (Marinello, 2020).

Tutto questo considerato, lo scopo principale di questa ricerca è stato verificare come le innovazioni tecniche già operativamente disponibili sul mercato andassero a coadiuvare e ad integrarsi con il ruolo del tecnico agronomo viticolo per l'areale oggetto di studio. Il percorso di ricerca di questo dottorato business si è articolato attraverso, prima, la strutturazione della rete e la formazione dei tecnici consulenti. Successivamente l'applicazione del DSS è stata seguita e valutata, con specifico interesse per la gestione di alcune problematiche come le infezioni di peronospora e le infestazioni di tignola e tignoletta (tradizionali criticità della zona), e specialmente nell'ottica della tempestività e fruibilità delle informazioni fornite per l'impiego del consulente agronomo e la fruizione su scala allargata attraverso l'uso di webapp.

2.0 MATERIALI E METODI

Durante il triennio del dottorato di ricerca, sono state approfondite le conoscenze di tecnici e agenti di Terrepadane sull'utilizzo dei sistemi di supporto alle decisioni per la coltivazione della vite secondo i principi della viticoltura sostenibile, compresa la produzione integrata.

Durante la stagione 2018-19-20 il sistema di supporto alle decisioni (DSS) Vite.net® è stato utilizzato dai tecnici a supporto dell'assistenza tecnica alle aziende nelle diverse zone viticole di competenza di Terrepadane per rendere più mirata ed efficace la difesa dei vigneti.

2.1 Gli attori del progetto

2.1.1 Primo anno

Nel primo anno di progetto, ad ogni agente presente sul territorio di competenza (Oltrepò, Franciacorta, Valcalepio, Val Tidone e Val d'Arda), sono state associate due stazioni meteorologiche, al fine di poter coprire una fascia ampia di territorio viticolo. Ad ognuno dei nove tecnici commerciali è stato assegnato il compito di creare due unità paesaggistiche (UP) per ogni stazione meteo a lui assegnata.

Si è trattato di inserire nel portale Vite.net® la descrizione di due vigneti rappresentativi delle zone di competenza.

La descrizione delle singole UP è stata fatta attraverso l'inserimento di una serie di dati dei vigneti presi a riferimento: le caratteristiche del sito (riferimenti per la geolocalizzazione, pendenza media, latitudine e longitudine, se zona vulnerabile ai nitrati, resa attesa), le caratteristiche del vigneto (tipologia di difesa, varietà coltivata, clone, portinnesto, sistema di allevamento, tipo di potatura, sesto d'impianto, altezza e spessore medio della chioma, volumi d'acqua impiegati nei trattamenti in piena stagione, livello di cautela peronospora e presenza di black-rot), le caratteristiche del suolo (gestione del cotico erboso, tessitura, sostanza organica, dotazione di macroelementi, profondità esplorata dalle radici) e se il terreno è soggetto ad irrigazione.

Tutte queste informazioni, insieme alla geolocalizzazione delle capannine (figura 15) sono state inserite attraverso il portale Vite.net®, dopodiché i modelli previsionali sono stati consultati assiduamente da parte degli agenti durante la campagna agraria 2018.



Figura 15: Mappa Stazioni Meteorologiche

2.1.2 Secondo anno

Nel corso del secondo anno di dottorato, ovvero la campagna 2019, la consultazione del DSS è iniziata da subito. Dal 1° marzo le stazioni meteorologiche associate alle unità paesaggistiche hanno cominciato a rilevare i dati di temperatura e millimetri di pioggia caduta che sono stati consultati quotidianamente dai soggetti coinvolti.

Alla fine del secondo anno di dottorato, i soggetti coinvolti nel progetto sono stati sottoposti ad un questionario di gradimento: “Questionario di valutazione dell’assistenza tecnica innovativa mediante l'utilizzo di DSS”.

Uno degli obiettivi preposti con questo progetto di dottorato è stato quello di poter riuscire a segmentare le tecnologie innovative legate all’assistenza tecnico-agronomica in funzione del cliente finale (dimensione dell’azienda, complessità dell’azienda, età del titolare...).

Il progetto di dottorato svolto nasce anche da questa esigenza, legata al fatto che Terrepadane è un’azienda che commercializza mezzi tecnici con un raggio d’azione estremamente ampio e pensando alla gestione delle risorse umane sul territorio, l’ottimizzazione e la qualità del lavoro diventano prerogative imprescindibili per poter

continuare a crescere. Ottimizzazione intesa anche come migliore gestione di tempo/durata della visita in azienda o assenza di visite laddove, una volta il cliente sia stato fidelizzato e sia pronto, esse possano essere sostituite dalla tecnologia.

Tutto con scopo finale di utilizzare il DSS al servizio degli agricoltori per rendere più mirata ed efficace la difesa dei vigneti e un'assistenza completa alle aziende con minor dispendio di energie.

Gli obiettivi posti alla fine del secondo anno di dottorato sono infatti stati:

- ❖ Consentire a quattro aziende pilota l'accesso alla Web-app Vite.snap;
- ❖ Implementare l'uso del modello previsionale di *Lobesia botrana* come valido supporto ai monitoraggi;
- ❖ La promozione di un maggior utilizzo del DSS da parte degli agenti come mezzo per consentire di accelerare il processo di fidelizzazione delle aziende;

Alla fine del secondo anno sono state identificate delle aziende “leader” sul territorio, presumibilmente quelle più “evolute” dal punto di vista tecnologico, che potessero essere in grado di gestire in autonomia una parte delle informazioni ricevute dai DSS.

UP Barbera Montecalvo Versiggia 400 m.s.l.m. 2019

Nella stagione 2019, nell'UP Montecalvo Versiggia, su una superficie di 8 ha, sono state prese in considerazione due tesi di 4 ha ciascuna:

- Tesi convenzionale: sono stati eseguiti dieci trattamenti a “calendario”, secondo le linee aziendali
- Tesi Vite.net®: sono stati eseguiti sette trattamenti fitosanitari, seguendo il reale rischio infettivo, in base a quanto previsto dai modelli previsionali. Tali trattamenti sono stati inseriti all'interno di Vite.net®.

Nella figura seguente (16) è riportato lo schema dei trattamenti effettuati per le due tesi e successivamente i grafici riportanti i cicli di infezione di oidio e peronospora e i periodi di copertura dei trattamenti effettuati (bande azzurre e gialle dei grafici 25, 26, 27, 28).

DATA	TRATTAMENTI		
	AZIENDA CONVENZIONALE	AZIENDA VITE.NET	
	Nome commerciale	Nome commerciale	Principio Attivo
30/04/2019	Polyram df	-	Metiram 70%
	Spirox		Spiroxamina 50%
07/05/2019	Polyram df	Polyram df	Metiram 70%
	Karathane Star	Karathane Star	Meptil dinocap 35,70%
17/05/2019	Polyram df	Polyram df	Metiram 70%
	Karathane Star	Karathane Star	Meptil dinocap 35,70%
	Tiogold disperss	Tiogold disperss	Zolfo 80%
27/05/2019	Sercadis	Sercadis	Fluxapyroxad 26,5%
	Delan Pro	Delan Pro	Dithianon 9,1%+Fosfonato di K 40,87%
06/06/2019	Spirox	-	Spiroxamina 50%
	Penncozeb dg		Mancozeb 70%
	Forum 50wp		Dimetomorf 50%
14/06/2019	Miclochem	Miclochem	Miclobutanil 4,2%
	Delan Pro	Delan Pro	Dithianon 9,1%+Fosfonato di K 40,87%
28/06/2019	Welter mz wg	Welter mz wg	Mancozeb 64%+Metalaxil 8%
	Miclochem	Miclochem	Miclobutanil 4,2%
10/07/2019	Pergado f	-	Folpet 40%+Mandipropamide 5%
	Flint		Trifloxistrobin 50%
24/07/2019	Cidely	Cidely	Ciflufenamide 5,1%
	Grifon più	Grifon più	Ossicloruro di Cu 14% +Idrossido di Cu 14%
01/08/2019	Thiopron	Thiopron	Zolfo 57,3%
	Verdram Hi Bio	Verdram Hi Bio	Ossicloruro di Cu 30%

Figura 16: schema trattamenti fitosanitari UP Montecalvo Versiggia 2019 tesi “convenzionale” e “Vite.net®”

Dal 1° aprile 2019, settimanalmente, i modelli previsionali per Peronospora e Oidio sono stati consultati, unitamente a quelli di Botrite e Tignoletta al fine di definire i momenti di rischio di infezione, la soglia critica in modo da stabilire l’epoca dei trattamenti e, non ultimo, le previsioni meteorologiche.

In particolare, l’azienda che ha effettuato i trattamenti consigliati dal tecnico seguendo i modelli previsionali, è riuscita a razionalizzare le strategie di difesa ottimizzando la tempistica dei trattamenti.

Utilizzo di questionari come metodo di valutazione del progetto

Alla fine della stagione 2019 è stato sottoposto un “questionario di valutazione dell’assistenza tecnica innovativa mediante l'utilizzo di DSS” ai soggetti coinvolti (in totale nove tra agenti e tecnici di Terrepadane) per valutare il loro approccio al nuovo strumento, il suo utilizzo, i punti di forza, le eventuali criticità ecc...

Un metodo che ha permesso, fin dal primo anno di utilizzo, di misurare il coinvolgimento dei diversi soggetti ed il loro grado di soddisfazione, oltre ovviamente a farli sentire maggiormente coinvolti.

In totale dunque sono stati raccolti nove questionari, che prevedevano le seguenti quattordici domande:

1. Utilizzo durante la stagione
2. Quanto sia stato utile, comprensibile, veloce
3. Velocità di riportare informazioni direttamente in campo
4. Utilità nel fidelizzare
5. Proposta del servizio al cliente
6. Interesse mostrato
7. Efficienza pratica nel supportare l’assistenza tecnica
8. Utilità nell’ottimizzazione della comunicazione interna
9. Utilità per la sostenibilità ambientale
10. Utilità per previsioni meteorologiche più dettagliate
11. Utilità ed efficienza dei modelli previsionali (peronospora, oidio...)
12. Aumento delle conoscenze
13. Utilizzo consigliato ai clienti
14. Miglioramento DSS

La scaletta delle risposte prevedeva la scelta fra 5 alternative, che andavano, da “per niente” a “completamente”.

In base alle risposte date possiamo dedurre che Vite.net® risulta essere stato consultato mediamente in maniera sufficiente durante la sua prima stagione, considerata la novità del servizio. Il limitato utilizzo risulta probabilmente dovuto a mancanza di tempo (Terrepadane come accennato è una realtà complessa). Il sistema è da subito risultato utile non solo alla fidelizzazione delle aziende, ma anche all’approccio verso quelle nuove (non clienti) in quanto strumento tecnico innovativo, pur operando il Consorzio in un regime di clienti piuttosto fidelizzato. Il sistema risulta inoltre essere stato un valido supporto nell’assistenza tecnica in campo.

Ulteriori approfondimenti sui risultati del questionario verranno esaminati nei risultati raggiunti alla sezione 3 - paragrafo 3.4.

Vite.net® è risultato pratico per accedere a previsioni meteo più dettagliate, indipendente dal numero di accessi che sono stati registrati per singolo agente. Il modello previsionale di *L. botrana* si è rivelato in linea di massima corrispondente alla realtà. Dai nostri agenti l'utilizzo è stato consigliato ai clienti per la completezza e per la validità del sistema. Proprio a questo proposito, si può osservare una risposta ad esito negativo dalla valenza positiva, dal momento che riguarda il possibile miglioramento del DSS in questione. La risposta media ci porta ad affermare che il sistema è poco migliorabile per la sua effettiva completezza e semplicità di utilizzo.

La domanda n. 4 (utilità nel fidelizzare) ha una risposta positiva, ma «bassa», probabilmente perché la maggior parte delle aziende nei territori sui quali operiamo (principalmente val Tidone e Oltrepò pavese) sono molto tradizionaliste, e in certi casi si sono mostrate restie all'utilizzo di sistemi informatici a supporto dell'assistenza tecnica.

Nonostante non tutti i soggetti coinvolti abbiano sfruttato a pieno regime il DSS, per la maggior parte è risultato un prezioso aiuto al lavoro svolto durante la stagione, permettendo di razionalizzare le strategie di difesa ottimizzando la tempistica dei trattamenti. L'obiettivo all'inizio di del secondo anno di dottorato è stato valutare se l'utilizzo di modelli previsionali potesse essere utile al servizio di assistenza tecnica di Terrepadane, migliorandolo e favorendo il rapporto di fidelizzazione con l'agricoltore e quindi essere utilizzato come strumento di supporto alla vendita.

Supporto alla vendita: «conquistiamo» la fiducia dell'azienda facendole ridurre il numero dei trattamenti. In questo modo l'azienda si servirà da noi anche per tutti gli altri servizi.

2.1.3 Terzo anno

Il lavoro di analisi della clientela e la suddivisione della stessa in fasce, operata durante il progetto ha permesso di identificare, come obiettivo del terzo anno di dottorato 2020, tre aziende “leader” che potessero essere in grado di gestire autonomamente parte delle informazioni di Vite.net® e aziende, talvolta di dimensioni inferiori, dove il livello di assistenza tecnica potesse essere gestito in forma diversa (figura 17).

Le tre aziende Leader sono state come di seguito rinominate:

- UP Canneto Pavese
- UP Rovescala
- UP Montecalvo Versiggia

Alle tre aziende Leader è stato dato l’accesso al portale Vite.net® ed alla Web-app Vite.snap, dalla quale avrebbero potuto fare in autonomia una serie di passaggi:

- collegamento ad una o più stazioni meteo e UP (create all’inizio della stagione dal tecnico Terrepadane incaricato);
- consultazione dati meteo (ultimi sette giorni registrati e prossimi sette giorni previsti);
- consultazione indici di malattia (peronospora, oidio, botrite e black-rot);
- simulazione dell’inserimento di un trattamento e valutazione dell’efficacia della copertura.

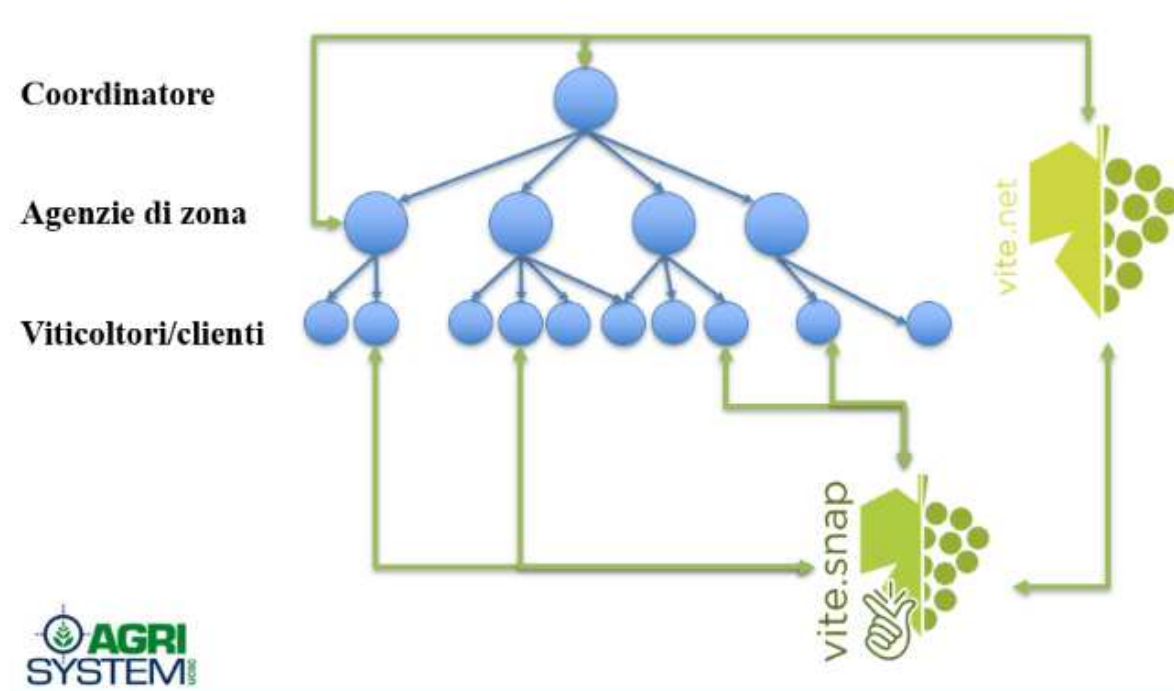


Figura 17: schema sintetico del progetto di dottorato

Entrando nel dettaglio di cui sopra, vediamo meglio i ruoli dei singoli attori.

Coordinatore: si tratta del sottoscritto, con accesso a tutti i dati delle UP create sul territorio viticolo. Compito era quello di interpretare questi dati e distribuirli alle agenzie operanti sul vigneto, ai tecnici agronomici ed agli agenti.

Agenzie di zona: oltre alle sedi fisiche, qui intendiamo l'insieme dei tecnici ed agenti a diretto contatto con le aziende agricole, tramite assistenza da banco all'atto della vendita del prodotto (agenti con deposito) e tramite le visite in campo (tecnici agronomici). Come già visto nel capitolo 1.3, ad oggi sono nove le persone (6 agenti e 3 tecnici) che in Terrepadane si occupano di vigneto e pertanto coinvolte nel Progetto di Dottorato.

Viticoltori/clienti: si tratta di circa 4.000 ragioni sociali viticole, diffuse su tutte le province di Terrepadane. Di queste, possiamo affermare che almeno la metà sono clienti (più o meno fidelizzati) di Terrepadane, che hanno usufruito, in diversa forma, delle informazioni derivate dal Progetto.

Il terzo anno di dottorato 2020 ha avuto come obiettivi:

- Consolidare l'utilizzo di Vite.net® da parte dei tecnici di Terrepadane coinvolti nel progetto;

- Consentire ad un certo numero di aziende agricole (che hanno avuto accesso gratuitamente a Vite.net®) di conoscere ed utilizzare questo importante strumento di sostenibilità;
- Definizione del modo migliore di trasferire l'informazione tecnica ai viticoltori, utilizzando anche le nuove metodologie della comunicazione, studiando itinerari diversi di comunicazione in funzione delle caratteristiche dei riceventi.

2.2 I monitoraggi in campo

Una volta attivati i DSS con le diverse UP, durante la campagna 2018, si è proceduto ad effettuare i monitoraggi.

È stata rilevata l'epoca delle diverse fasi fenologiche dei vigneti presi a riferimento per avere dei riscontri di campo che potessero confermare quanto dichiarato dai DSS.

All'inizio del mese di aprile 2019 è stata nuovamente verificata direttamente in campo la fase fenologica delle diverse varietà indicate nelle unità paesaggistiche.

Durante il corso delle campagne 2018/19/20 si è proceduto a fornire assistenza tecnica agli agricoltori mediante visite in campo, al fine di poter monitorare l'andamento stagionale di sviluppo della coltura, la presenza di malattie crittogamiche e dei fitofagi. Queste visite in campo possono essere effettuate sia in presenza del titolare dell'azienda agricola, sia dal singolo tecnico di Terrepadane, in particolare in aziende maggiormente "fidelizzate" e del quale sono ben noti i diversi appezzamenti.

Quando il monitoraggio riguarda le malattie fungine, il tecnico di TP (valutati eventuali tempi di rientro dal trattamento precedente ed in possesso di tutti i DPI del caso) inizia a procedere all'interno dei vigneti, scegliendone alcuni in particolare in base alla propria esperienza (o, se presente, direttamente in base alle indicazioni del titolare), tra quelli ovviamente che si ritengono i più suscettibili alla malattia ricercata.

Una volta definiti i vigneti, il tecnico di TP entra all'interno degli stessi, anche qui scegliendo alcune zone in base a esperienza (es. fondovalle) e limitandosi a visionare alcuni filari ritenuti i più rappresentativi.

All'interno di questi, si osservano i sintomi ascrivibili alla malattia ricercata sui vari organi che possono venire colpiti (grappoli, foglie e germogli) cercando di definire un'intensità dei sintomi ed uno stadio di sviluppo della malattia. Nel caso delle malattie fungine, non si procede attraverso un vero e proprio protocollo, ma si effettuano valutazioni visive in base alla propria esperienza ed a quella del titolare dell'azienda. Diversamente si procede quando non si tratta di funghi ma di insetti, come è il caso della Tignoletta: qui occorre monitorare in momenti ben definiti, e procedere alla conta manuale degli insetti stessi.

Infatti a partire da aprile 2019 i tecnici agronomici di Terrepadane hanno provveduto alla messa in posa delle trappole manuali a pagoda per il monitoraggio dei voli delle forme adulte maschili di *Lobesia botrana* (figura 18). È stata creata una rete di monitoraggio dei voli di *Lobesia botrana*, al fine di identificare il picco di volo degli adulti e quindi il posizionamento ideale di trattamenti adulticidi o ovolarvicidi contro tale avversità.



Figura 18: trappola a pagoda e conta degli adulti

La rete di monitoraggio messa in atto nel 2019 (secondo anno di dottorato) è consistita in tredici trappole totali, concentrate principalmente nell'Oltrepò pavese orientale (figura 19).

Nella stagione 2020, terzo anno di dottorato, il numero di trappole posizionate sul territorio dell'Oltrepò pavese è stato ulteriormente implementato a trentatré trappole totali (figura 20).

Nel 2020 inoltre i tecnici di Terrepadane operanti sul territorio della Val Tidone hanno iniziato a creare lo stesso tipo di rete con la disposizione di ventitré trappole totali su tale territorio (figura 21).



Figura 19: mappa di monitoraggio dei voli di *Lobesia botrana* in Oltrepò pavese 2019



Figura 20: mappa di monitoraggio dei voli di *Lobesia botrana* in Oltrepò pavese 2020



Figura 21: mappa di monitoraggio dei voli di *Lobesia botrana* in Val Tidone 2020

A partire dal primo di aprile (2019 per Val Tidone, 2019/20 per Oltrepò), settimanalmente, ciascuna trappola è stata visionata per la conta delle forme adulte maschili catturate.

Nei momenti critici (picco dei voli), al fine di stabilire il momento opportuno (in base al prodotto utilizzato) per effettuare il trattamento, la conta manuale da parte dei tecnici è stata effettuata anche due volte al giorno (mattina e sera), riportando tutte le catture su delle apposite schede di monitoraggio.

Tali reti di monitoraggio sono in grado di evidenziare l'eterogeneità dei territori viticoli che i tecnici agronomici di Terrepadane si trovano a gestire e che possono avere complicate diverse. Il problema della tignoletta è più sentito e sicuramente in ascesa nei territori a cavallo tra due provincie, Pavia e Piacenza, tra Oltrepò Pavese orientale e Valtidone.

Nel corso del progetto di dottorato, tale monitoraggio “manuale” è stato quotidianamente supportato dai modelli previsionali di *L. botrana* di Vite.net®.

3.0 RISULTATI

I monitoraggi

Secondo i monitoraggi effettuati durante i tre anni di progetto, le fasi fenologiche riportate nelle UP del modello previsionale sono risultate coincidenti con quelle rilevate in campo nei vigneti presi a riferimento nel 100% dei casi.

I consigli sui trattamenti da effettuare durante la stagione contro oidio, peronospora e botrite sono stati definiti combinando le visite in vigneto con quanto dedotto dai modelli previsionali.

Il lavoro di monitoraggio della tignoletta è cresciuto e migliorato nel corso del progetto di dottorato.

Di seguito vediamo alcuni esempi di grafici di modelli riferiti alle annualità 2019 e 2020 (più significative all'interno del nostro percorso per numero di monitoraggi), per

poi riprenderli più avanti contestualizzati alla specificità della singola annata, a partire dal 2018, primo anno di dottorato.

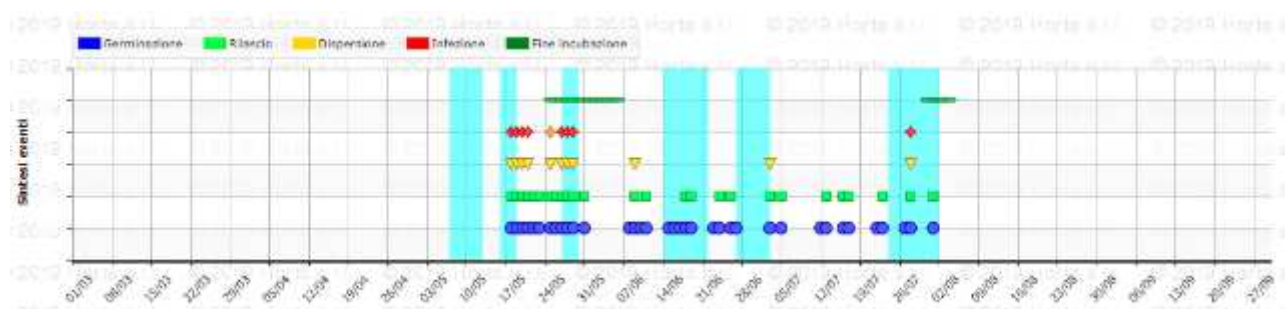


Grafico 1: ciclo infezioni primarie peronospora 2019 Montecalvo Versiggia

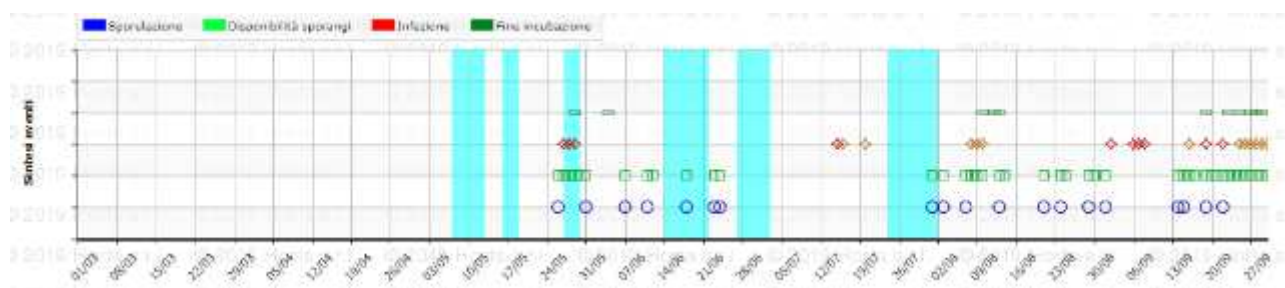


Grafico 2: ciclo infezioni secondarie peronospora 2019 Montecalvo Versiggia

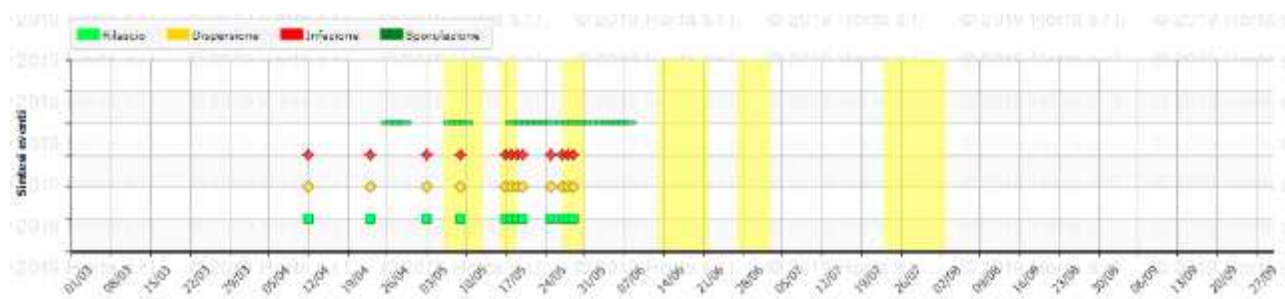


Grafico 3: ciclo infezioni ascosporiche oidio Montecalvo Versiggia 2019



Grafico 4: pressione infettiva correlata alla suscettibilità fenologica oidio Montecalvo Versiggia 2019

Il primo trattamento effettuato nella tesi aziendale (convenzionale), in data 30/04/2019, è stato risparmiato nella tesi Vite.net®, nella quale, e al 7 maggio, è stato utilizzato

anche un antiperonosporico di copertura a livello precauzionale per l'abitudine da parte delle aziende di trattare insieme entrambe le avversità, peronospora e oidio, anche se il modello non presentava rischio di infezione. Il trattamento effettuato il 7 maggio 2019 ha avuto azione "estintiva" verso i chasmoteci svernanti dell'oidio che già in tal data avevano dato luogo a tre infezioni ascosporiche. Le piogge che si sono verificate a seguito del secondo trattamento hanno ridotto il periodo di copertura per cui tra il terzo e il quarto trattamento si sono verificate diverse infezioni primarie di peronospora (grafico 1), fino al ripristino della copertura in data 27 maggio 2019.

Dalla fine di maggio all'inizio di luglio, non essendosi più verificati eventi piovosi, non si hanno più avuto rischi di infezione primaria e secondaria (grafico 2). Nonostante ciò sono stati eseguiti due trattamenti fitosanitari per la tesi Vite.net® (14/06/19 e 28/06/19) rispetto ai quattro trattamenti effettuati per la tesi convenzionale (6/06/19, 14/06/19, 28/06/19, 10/07/19).

Per quanto riguarda l'oidio, le piogge verificatesi tra il 17 e il 20 maggio 2019 hanno probabilmente dilavato i prodotti fitosanitari dalla vegetazione per cui verso il 24 maggio si è avuta una elevata pressione infettiva della malattia in assenza di copertura (grafico 3). Questo evento ha portato al manifestarsi di sintomi di oidio sui grappoli individuati in data 12 luglio 2019 (grafico 4).

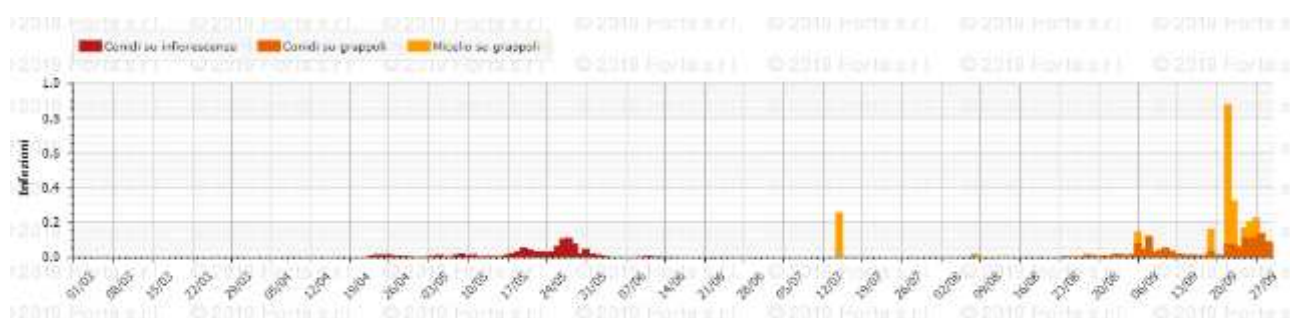


Grafico 5: UP Barbera Montecalvo Versiggia 400 m.s.l.m.– Botrite 2019

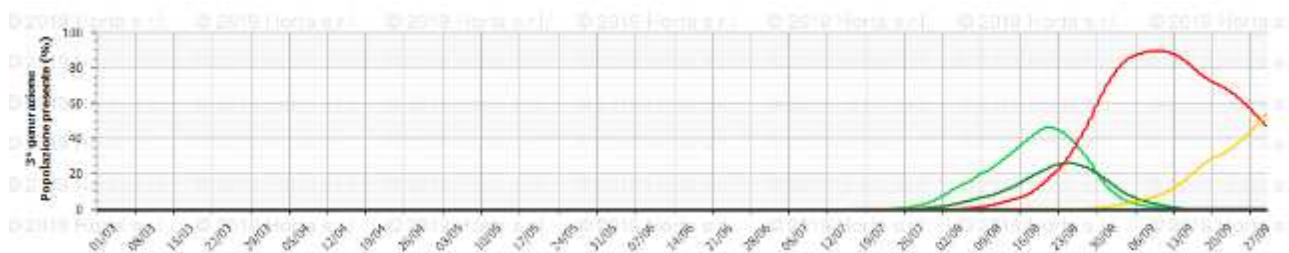


Grafico 6: UP Barbera Montecalvo Versiggia 400 m.s.l.m. - Terza generazione tignoletta 2019



Grafico 7: UP Malvasia Val Tidone 2020 – Tignoletta prima generazione

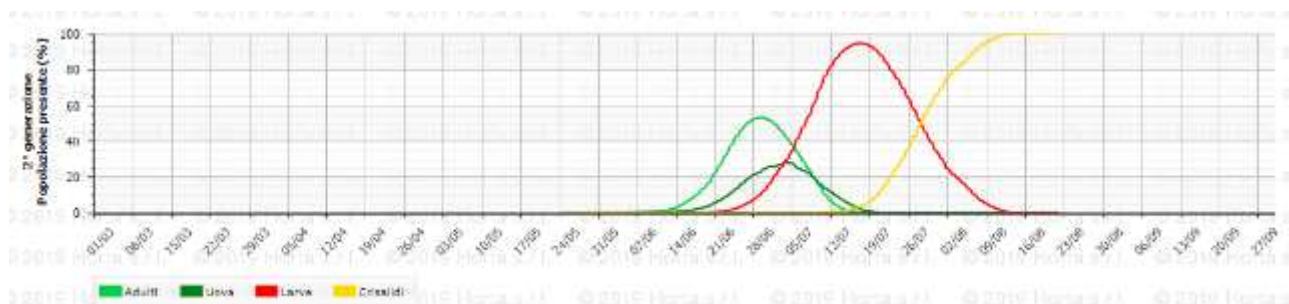


Grafico 8: UP Malvasia Val Tidone 2020 – Tignoletta seconda generazione

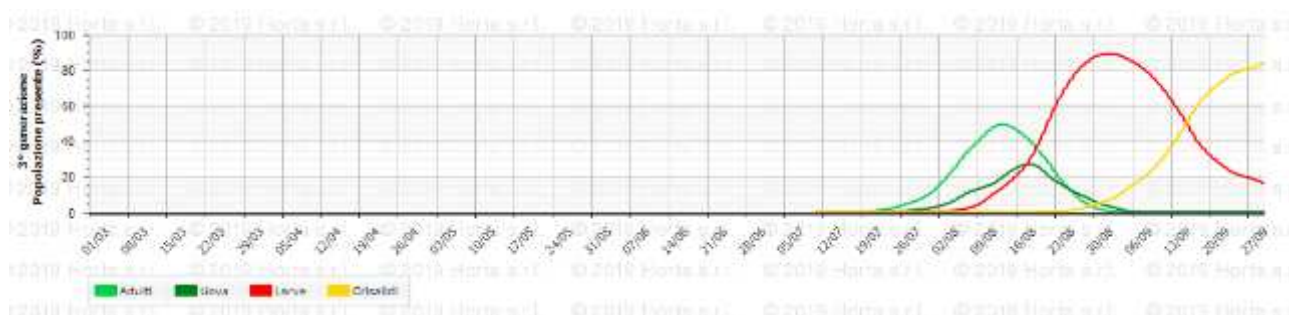


Grafico 9: UP Malvasia Val Tidone 2020 – Tignoletta terza generazione

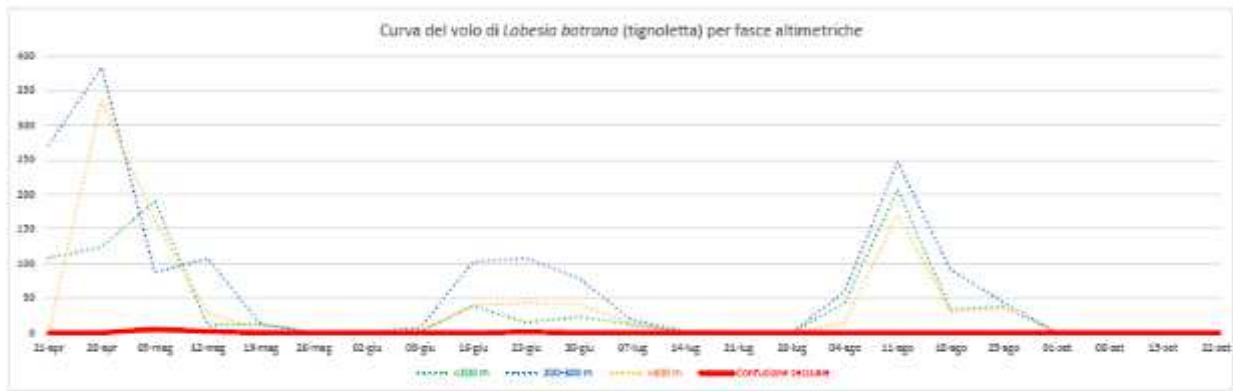


Grafico 10: Curve di volo di adulto di *Lobesia botrana* per fasce altimetriche in Val Tidone

I grafici 7, 8 e 9 mostrano i modelli previsionali delle tre generazioni di *Lobesia botrana* estratti da Vite.net® ad un'altitudine tra 200 e 300 m.s.l.m. (stazione di Ziano Piacentino). Il grafico 10 riporta invece le curve di volo degli adulti di *Lobesia botrana* ottenute monitorando, settimanalmente, trappole a pagoda distribuite nei vigneti della Val Tidone interessati da tale avversità. In tale figura sono evidenti i tre picchi di volo degli adulti delle tre generazioni e i colori verde, blu e giallo identificano l'andamento dei voli a tre differenti altitudini: sotto i 100 m.s.l.m., tra 200 e 300 m.s.l.m. e sopra i 300 m.s.l.m. La linea rossa più spessa appresenta invece le catture che si sono avute nelle trappole all'interno dei vigneti in cui veniva praticata la confusione sessuale.

Tale grafico è stato confrontato con le curve di volo prese dai modelli considerando i picchi della curva di volo ottenuta dal monitoraggio ad un'altitudine tra 200 e 300 m.s.l.m. (linea gialla tratteggiata).

Per la prima generazione, Vite.net® riporta il picco del volo in data 22/04/2020, mentre nella realtà tale picco si è verificato in data 28/04/2020.

Per la seconda generazione, Vite.net® ha registrato il picco del volo degli adulti in data 30/06/2020, mentre nella realtà si è verificato circa in data 25/06/2020.

Il fatto che i picchi dei voli non coincidano perfettamente è probabilmente dovuto all'utilizzo di insetticidi per la Flavescenza dorata che agiscono anche su *Lobesia botrana* portando a importanti scostamenti dei voli con difficoltà nell'individuazione del picco (curva gialla tratteggiata piatta).

Per la terza generazione si evince come la curva di volo degli adulti del modello sia perfettamente corrispondente alla realtà, con un picco del volo degli adulti della terza generazione di tignoletta in Val Tidone indicativamente verso l'11 agosto 2020.

3.1 La stagione 2018: andamento climatico e malattie

L'andamento climatico del 2018 è stato contraddistinto da temperature tendenzialmente miti nei mesi successivi alla vendemmia che hanno indotto le viti a vegetare fino ad autunno inoltrato. L'annata 2018, nel complesso, è stata caratterizzata da un elevato carico d'uva su molti vigneti in produzione. Ciò ha rappresentato una condizione di forte stress per le viti, dato che il processo di maturazione è stato portato avanti a scapito della lignificazione e dell'accumulo di sostanze di riserva, con ripercussioni negative sulla resistenza al freddo invernale e sulla qualità del germogliamento dell'anno successivo. L'elevata produzione, associata a terreni pesanti e freddi, è stata alla base anche degli ingiallimenti che hanno interessato alcuni giovani impianti viticoli (Castaldi *et al.*, 2019).

Riferimento UP Croatina Rovescala 2018

Precipitazioni (mm)

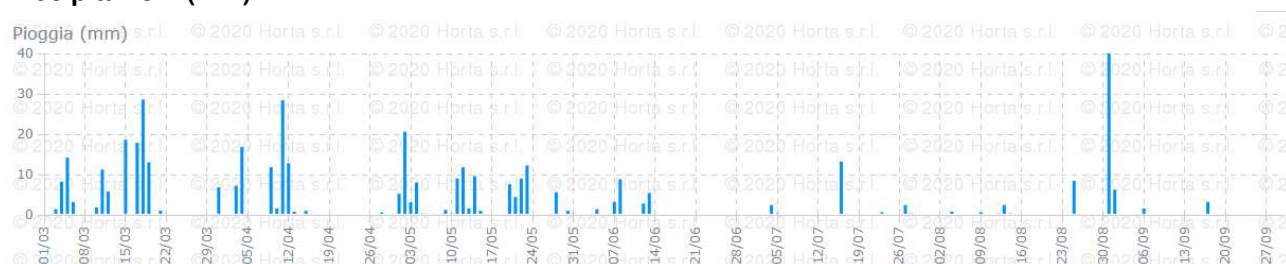


Grafico 11: pioggia caduta giornalmente (mm) dal 1° marzo al 30 settembre 2018

Nel 2018 in Italia le precipitazioni sono state superiori alla media climatologica.

Al nord Italia il mese relativamente più piovoso è stato ottobre (anomalia media + 87%), seguito da marzo (+62%) e maggio (+40%) (grafico 11). I mesi più secchi rispetto alla norma sono stati dicembre (soprattutto al nord, con un'anomalia di -66%), settembre, aprile. Di rilievo le caratteristiche di notevole piovosità dei mesi di marzo e

maggio (Desiato et al., 2019). Sempre al nord il mese di giugno è stato caratterizzato da precipitazioni nella media e da temperature nettamente superiori alla media.

A luglio le temperature si sono mantenute mediamente superiori alla norma e le precipitazioni prossime ai valori climatologici (grafico 12).

Temperatura (°C)

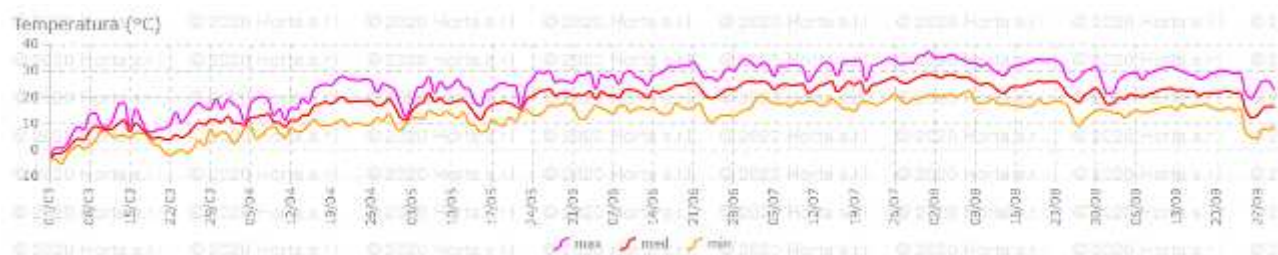


Grafico 12: temperature minime, medie e massime registrate da 1° marzo al 30 settembre 2018

In Europa il mese di marzo è stato il più freddo dal 2013 e i totali mensili di precipitazione sull'area del mediterraneo sono stati da 2 a 5 volte superiori ai corrispondenti valori climatologici. Ad eccezione di febbraio e marzo, in tutti i mesi dell'anno, la temperatura media in Italia è stata nettamente superiore ai valori normali 1961-1990, con punte di anomalia ad aprile (+3.49°C), gennaio (+2.75°C) e novembre (+2.52°C), mentre a marzo la temperatura è stata appena al di sopra della media climatologica.

Bagnatura fogliare (ore)

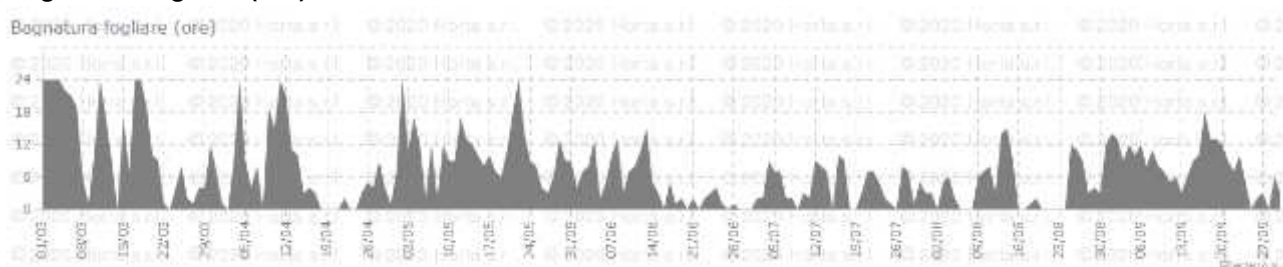


Grafico 13: bagnatura fogliare registrata dal 1° marzo al 30 settembre 2018

Umidità (%)

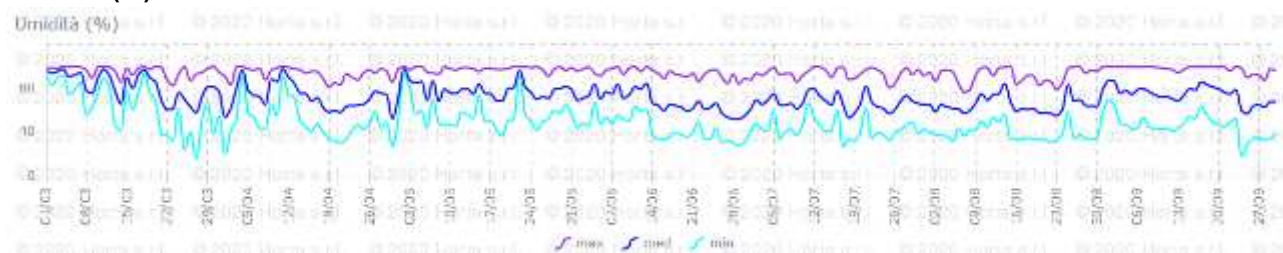


Grafico 14: umidità relativa minima, media e massima registrata dal 1° marzo al 30 settembre 2018

I valori di umidità relativa media annuale del 2018 sono compresi tra 45% e 90% circa (grafico 14).

Al nord da aprile a ottobre (con la sola interruzione di maggio) l'umidità relativa è stata costantemente inferiore alla media climatologica, con un minimo di anomalia nel mese

di agosto (-9.3%). I primi tre mesi dell'anno (tranne febbraio al nord), maggio e novembre sono stati ovunque più umidi della norma (Desiato *et al.*, 2019).

UP Croatina Rovescala 250 m.s.l.m. 2018

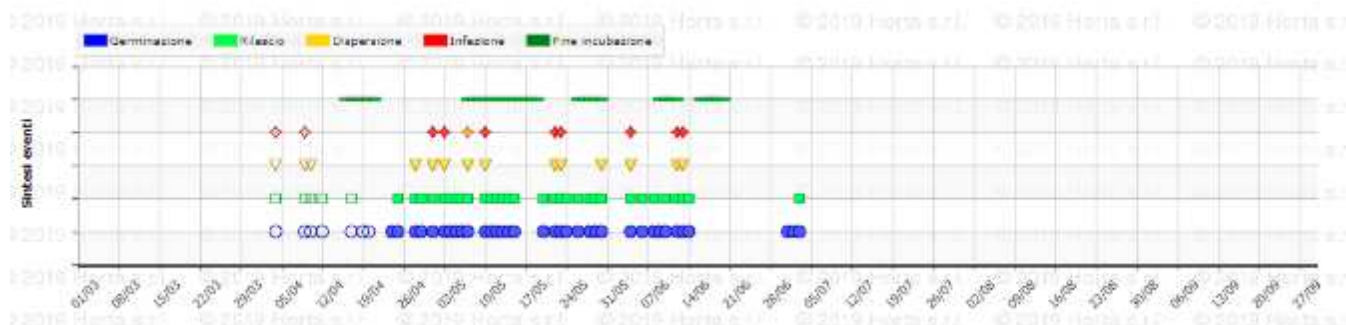


Grafico 15: ciclo infezioni primarie di peronospora 2018 Rovescala



Grafico 16: ciclo infezioni secondarie peronospora 2018 Rovescala

I numerosi eventi piovosi che si sono verificati nel mese di marzo hanno portato elevati livelli di umidità e hanno favorito l'idratazione delle oospore svernanti. Queste, non appena si sono verificate temperature idonee intorno ai 10°C (fine del mese di marzo-inizio di aprile), sono germinate provocando infezioni primarie in assenza però della vegetazione bersaglio (grafico 15).

Numerosi eventi piovosi si sono verificati nei primi venti giorni di marzo e nei primi quindici giorni di aprile. Dal 26 aprile si sono verificate le infezioni primarie che hanno colpito la vegetazione bersaglio. Le piogge del mese di maggio e dei primi quindici giorni di giugno hanno favorito numerose infezioni primarie e secondarie (grafico 16). Favorita poi dal clima umido e mite dell'autunno, la peronospora a fine stagione ha determinato nei casi più gravi una defogliazione pressoché completa e forzatamente

anticipata rispetto alla fisiologica entrata in riposo delle piante. Ciò ha impedito, sia nelle viti in allevamento sia in quelle adulte, la traslocazione completa delle sostanze di riserva contenute nelle foglie e interferito col processo di lignificazione, ripercuotendosi poi sul germogliamento all'inizio della stagione 2019 (Castaldi *et al.*, 2019).

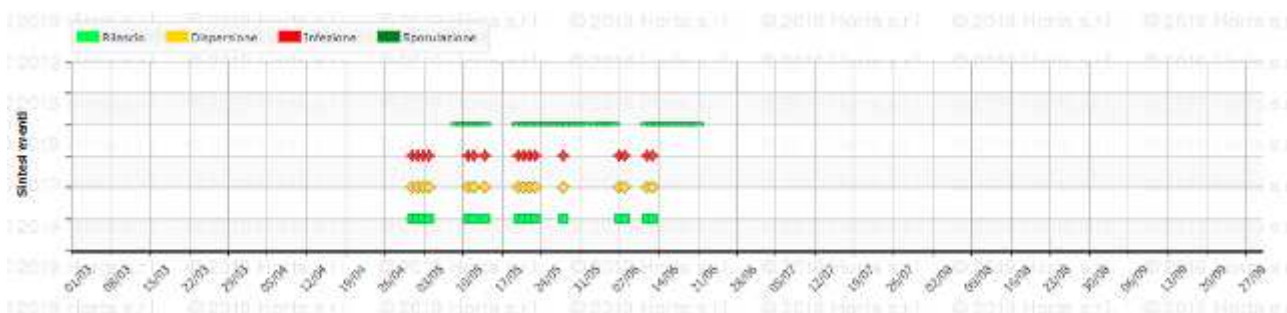


Grafico 17: ciclo infezioni Oidio ascopporiche 2018 Rovescala



Grafico 18: pressione infettiva correlata alla suscettibilità fenologica Oidio 2018 Rovescala



Grafico 19: ciclo infezioni Botrite 2018 Rovescala

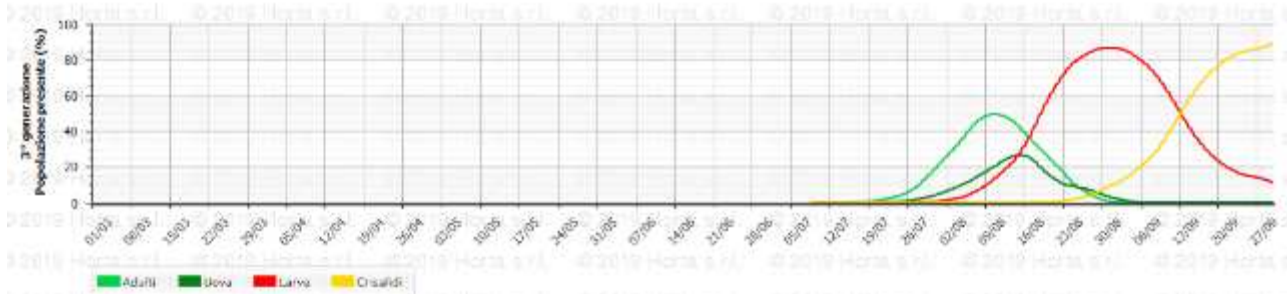


Grafico 20: curve di sviluppo uova, larve e adulto della terza generazione di tignoletta 2018 Rovescala

UP Malvasia Pianello Val Tidone 192 m.s.l.m. 2018

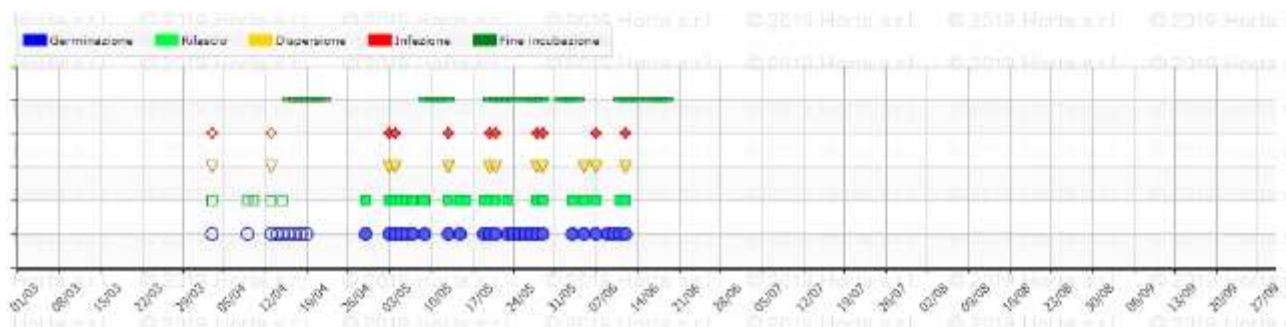


Grafico 21: ciclo infezioni primarie peronospora 2018 Pianello VT



Grafico 22: ciclo infezioni secondarie peronospora 2018 Pianello VT



Grafico 23: ciclo infezioni Oidio ascosporiche 2018 Pianello VT



Grafico 24: pressione infettiva correlata alla suscettibilità fenologica Oidio 2018 Pianello VT



Grafico 25: ciclo infezioni Botrite 2018 Pianello VT

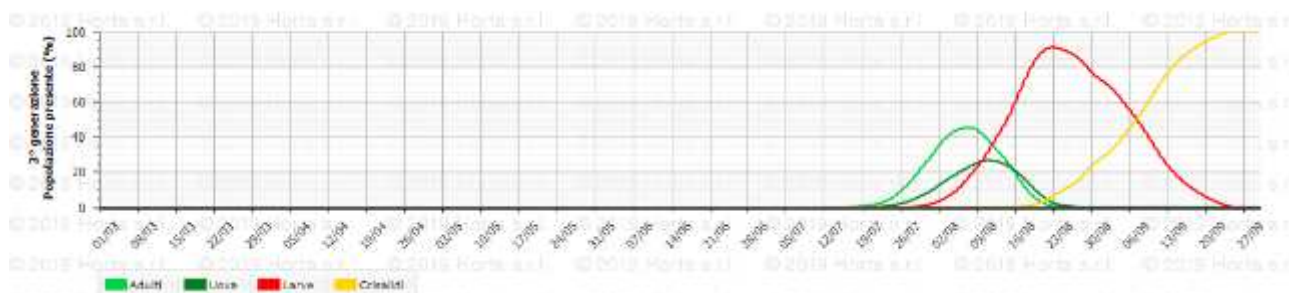


Grafico 26: curve di sviluppo uova, larve e adulto della terza generazione di tignoletta 2018 Rovescala

3.2 La stagione 2019: andamento climatico e malattie

UP Croatina Canneto Pavese 2019

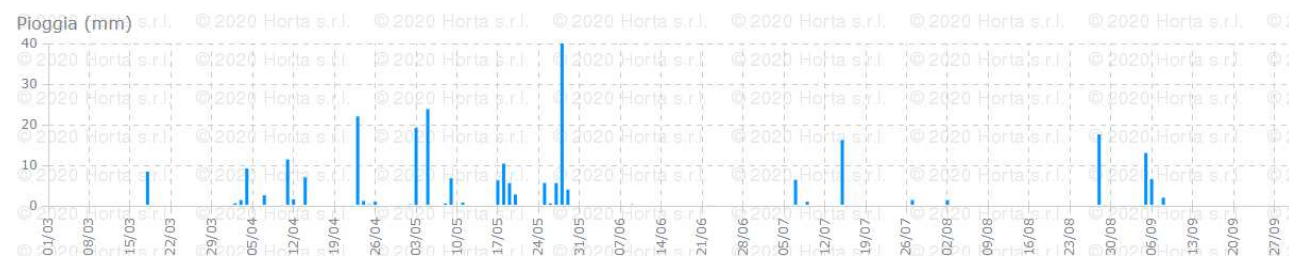


Grafico 27: pioggia caduta giornalmente (mm) dal 1° marzo al 30 settembre 2019

Il 2019 è stato caratterizzato da piovosità mensili altalenanti: mesi molto piovosi si sono alternati ad altri molto secchi (grafico 27).

Nei primi mesi dell'anno le precipitazioni sono state particolarmente scarse nelle regioni centro-settentrionali, ed ovunque inferiori alle attese. Maggio è stato caratterizzato da piogge abbondanti se non addirittura estreme, estese a tutto il territorio nazionale, mentre marzo e giugno sono stati scarsi di pioggia in tutte le regioni. Le precipitazioni particolarmente abbondanti di maggio e novembre hanno permesso una netta ricarica delle risorse idrologiche, bilanciando la scarsità di precipitazioni

dell'inverno e della prima parte dell'autunno, soprattutto al nord (Fioravanti G. *et al.*, ISPRA, 2020).

Lo stato siccitoso che ha caratterizzato il primo periodo dell'anno e in particolare il mese di marzo ha determinato la scarsa disponibilità idrica che ha impedito la piena mobilitazione delle sostanze di riserva dalle radici delle piante, contribuendo ad accentuare i fenomeni di disformità di germogliamento che si sono verificati in diversi areali coltivati a vite del nord Italia (Castaldi R. *et al.*, 2019).

In generale, le precipitazioni cumulate annuali del 2019 sono state complessivamente superiori alla media climatologica del 12% circa. L'anomalia presenta differenze anche sensibili tra diverse aree del territorio italiano. Il nord ha registrato il valore più elevato (+21%). Sull'intero territorio nazionale novembre è stato il mese mediamente più piovoso, con un'anomalia di +144%. Al nord il mese più piovoso si conferma novembre, con un picco di anomalia positiva di +200%. I mesi più secchi rispetto alla norma sono stati giugno (soprattutto al centro, anomalia di -86%) seguito da marzo (soprattutto al centro e al nord, con anomalia rispettivamente -76% e -72%), febbraio, gennaio limitatamente al nord ed al centro, e infine ad agosto (Fioravanti *et al.*, ISPRA, 2020)



Grafico 28: temperature minime, medie e massime registrate da 1° marzo al 30 settembre 2019

Per quanto riguarda le temperature, in Europa, il 2019 è stato il secondo anno più caldo dopo il 2018. Il 2019 a livello globale è stato un anno particolarmente caldo, l'anomalia della temperatura media globale sulla terraferma è stata di +1.28°C rispetto al periodo 1961-1990 (grafico 28).

In Italia, il 2019 è stato il terzo anno più caldo dopo il 2018 e il 2015, con un'anomalia media rispetto al trentennio 1961-1990 di $+1.56^{\circ}\text{C}$. Ad inizio giugno si è assistito ad un cambio repentino di circolazione e ad un conseguente brusco innalzamento termico. In una settimana le temperature sono passate da valori nettamente inferiori a valori superiori alle medie climatologiche, per poi aumentare ulteriormente nel corso del mese. In Emilia- Romagna il mese di giugno 2019 è stato il secondo giugno più caldo della serie dopo il 2003; i valori di temperatura hanno raggiunto il picco massimo tra il 26 e il 29 giugno, quando intensi flussi di aria africana nella media atmosfera, con picchi di anomalia termica intorno a $+10^{\circ}\text{C}$, hanno causato una breve ma intensa ondata di calore, con temperature record in molte località d'Europa. L'Italia, trovandosi al margine orientale dell'anticiclone, ha registrato valori di temperatura meno elevati, ma comunque estremi, che hanno fatto crollare i precedenti record di giugno in maniera diffusa. In Lombardia tra le giornate del 27 e del 28 giugno si sono registrate temperature nettamente superiori alla media del periodo, con massime che hanno raggiunto i $39-40^{\circ}\text{C}$. In Emilia-Romagna, il 27 giugno la temperatura massima ha superato i precedenti record del mese di alcuni gradi: nell'appennino piacentino (Bobbio, PC), sono stati raggiunti o superati di poco i 40°C , temperature che equivalgono ad una anomalia rispetto alla media del periodo di circa $+12^{\circ}\text{C}$ in pianura, e fino a $+16^{\circ}\text{C}$ in montagna (ISPRA, 2020).

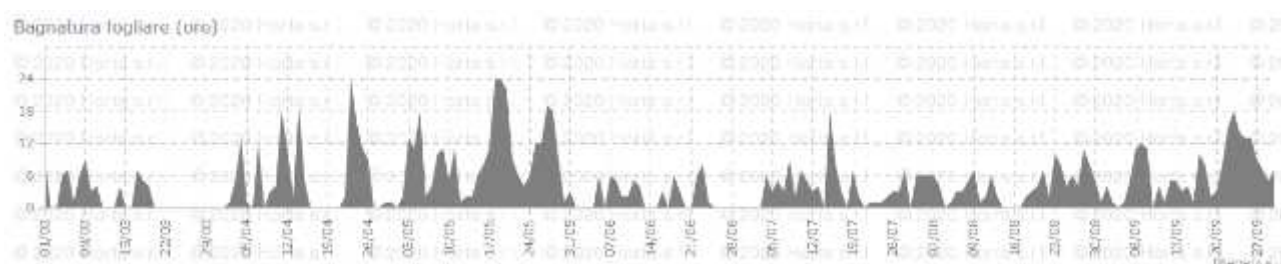


Grafico 29: bagnatura fogliare registrata dal 1° marzo al 30 settembre 2019

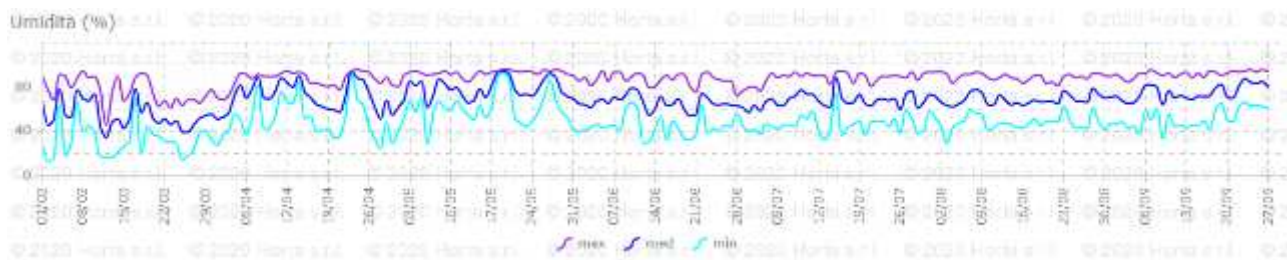


Grafico 30: umidità relativa minima, media e massima registrata dal 1° marzo al 30 settembre 2019

I valori di umidità relativa media annuale del 2019 sono compresi tra 51% e 89% circa (grafico 30). I mesi da gennaio ad aprile e i mesi da giugno a settembre sono stati ovunque più secchi della norma. Maggio e novembre hanno registrato ovunque valori medi di umidità relativa superiore alla norma, coerentemente con quanto si può rilevare dall'analisi delle precipitazioni (ISPRA, 2020).

UP Ortrugo Val Tidone – 2019

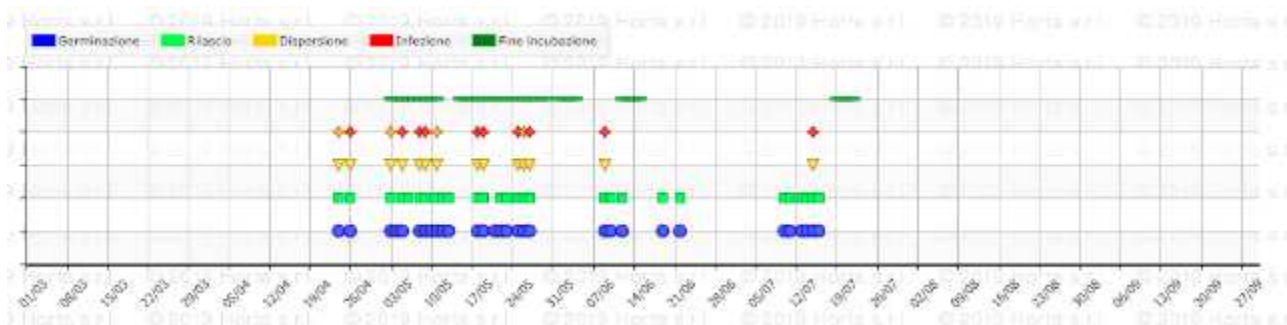


Grafico 31: UP Ortrugo Val Tidone – Peronospora (infezioni primarie) 2019

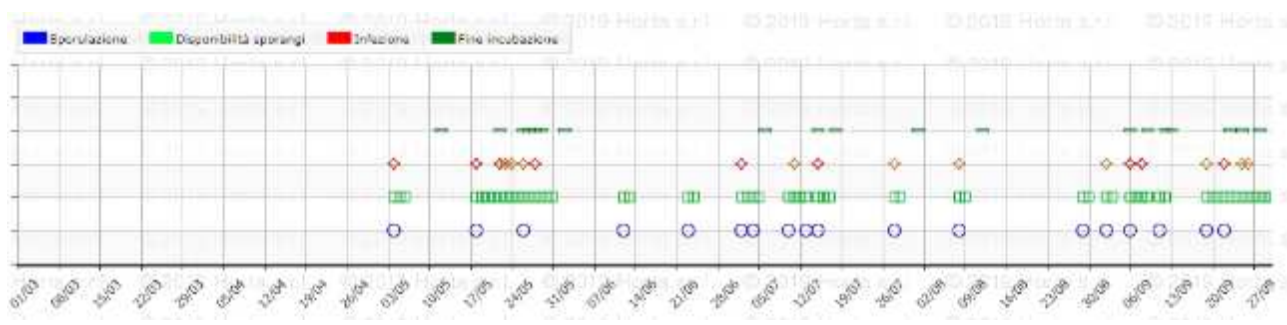


Grafico 32: UP Ortrugo Val Tidone – Peronospora (infezioni secondarie) 2019

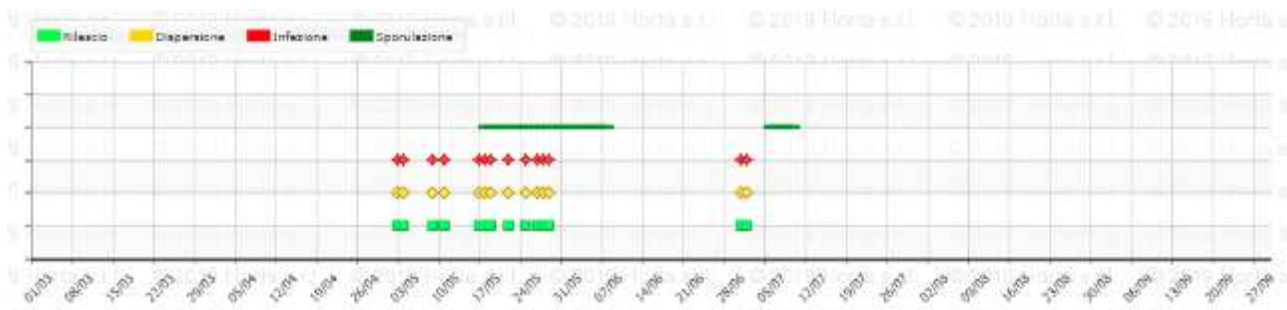


Grafico 33: UP Ortrugo Val Tidone – Oidio ascosporiche 2019



Grafico 34: UP Ortrugo Val Tidone - Pressione infettiva correlata alla suscettibilità fenologica 2019



Grafico 35: UP Otrugo Val Tidone - Botrite 2019

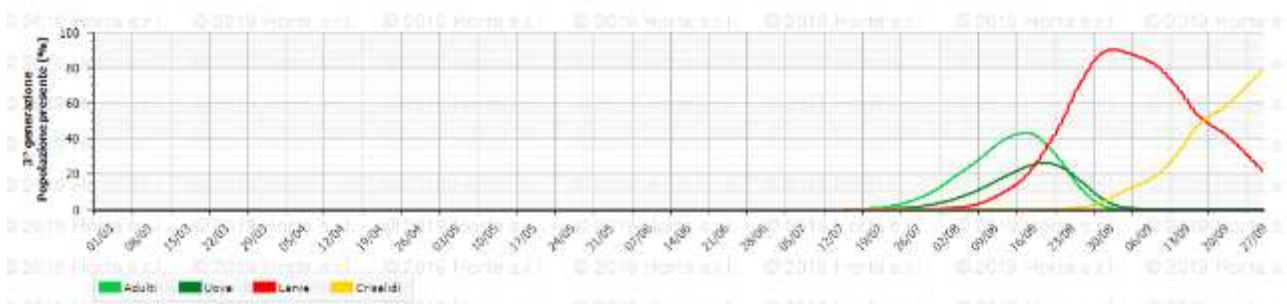


Grafico 36: UP Otrugo Val Tidone – Terza generazione tignoletta 2019

3.3 La stagione 2020: andamento climatico e malattie

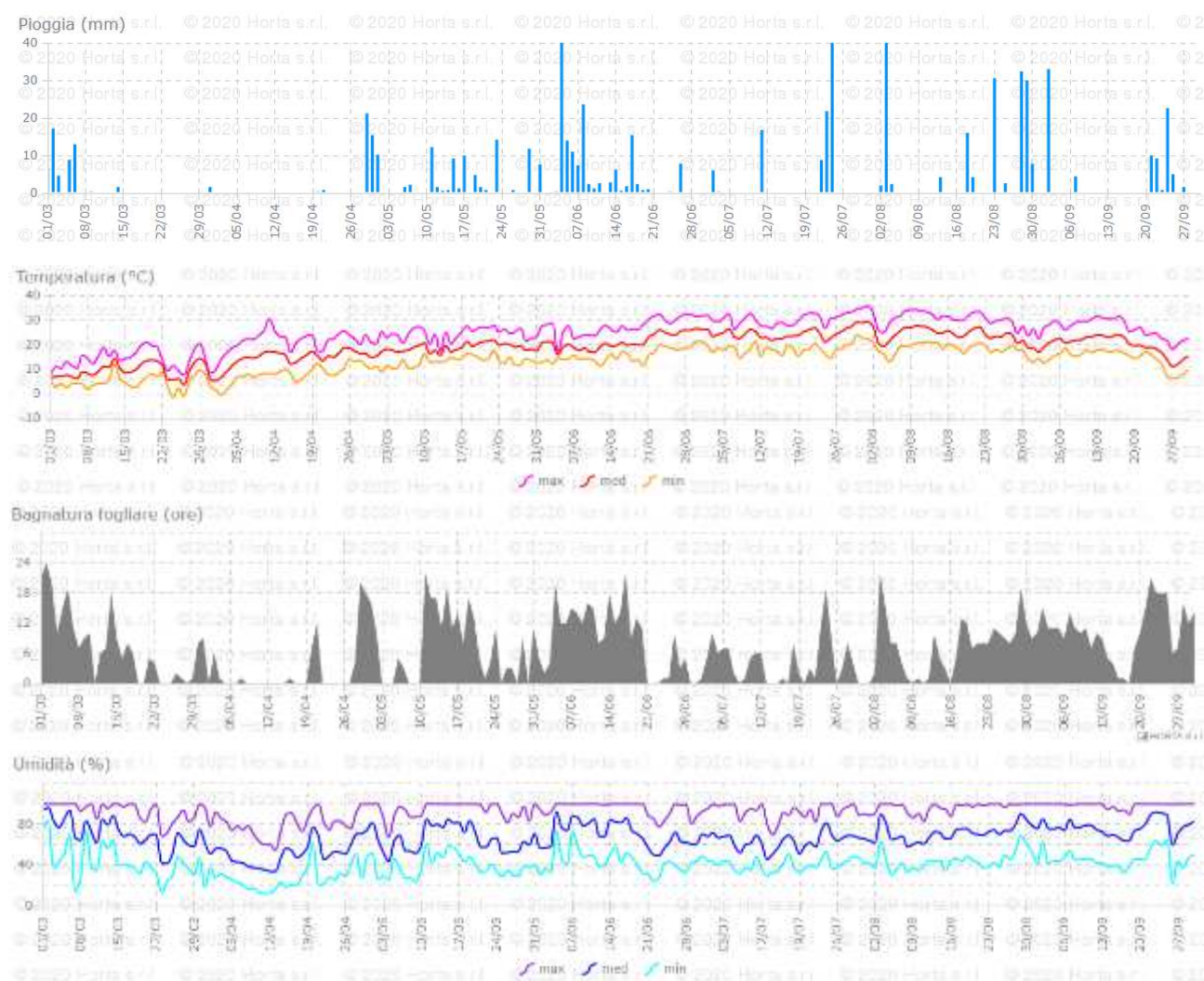
In Oltrepò pavese e sui colli piacentini, il mese di giugno è risultato più piovoso rispetto al 2019, con circa 50 mm di pioggia caduti in undici giorni su trenta del mese. Nonostante le intense precipitazioni che si sono registrate a fine agosto, gli effetti della prolungata siccità nella prima parte di settembre si sono fatti sentire. In alcune zone si sono registrate forti ripercussioni sulla crescita dimensionale della bacca e sull'accumulo dei fotosintetati, nonché un calo deciso delle acidità fisse dovuto alle elevate temperature. Le piogge di fine settembre hanno poi rinfrescato il clima rendendolo più favorevole al completamento della maturazione per le uve rosse (grafico 37).

Le date di raccolta sono parse in linea con il precedente anno, con quantità talora leggermente superiori all'annata 2019 (Legler S. E., 2020).

Grafico 37: UP Croatina Rovescala 2020 (pioggia, temperatura, bagnatura fogliare e umidità)



Grafico 38: UP Brescia – loc. Badia 2020 (pioggia, temperatura, bagnatura fogliare e umidità)



In Franciacorta (grafico 38) quella del 2020 è risultata un’annata sostanzialmente in linea con le precedenti in termini di fenologia della vite e quantità dell’uva che si è raccolta. Qualche preoccupazione per tignoletta, marciumi e botrite a causa degli eventi piovosi verificatisi nel mese di agosto che hanno fatto “esplodere” le infezioni latenti istauratesi nei residui fiorali nel mese di giugno (Legler S. E., 2020).

UP Croatina Canneto pavese 2020

L’azienda “UP Canneto pavese” ha utilizzato il DSS Vite.net® durante la stagione 2020. Di seguito lo schema dei trattamenti eseguiti e i grafici riportanti i tempi di

copertura per i singoli trattamenti (fasce azzurre) relativi ai rischi di infezione per peronospora (grafici 39 e 40) e oidio (grafici 40 e 41).

21/07/2020	Trattamento di difesa / Fitoregolatori	Oidio, Peronospora (Tiogold disperss - UPL Italia S.R.L., Karathane Star - Corteva Agriscience, Grifon 280 liquido - ISAGRO SPA)
07/07/2020	Trattamento di difesa / Fitoregolatori	Peronospora, Cicaline, Oidio (Trebon UP - ITALAGRO SRL, Tiogold disperss - UPL Italia S.R.L., Grifon 280 liquido - ISAGRO SPA)
25/06/2020	Trattamento di difesa / Fitoregolatori	Cicaline, Oidio, Peronospora (Epik SL - SIPCAM ITALIA Spa, Silbot 500 SC - SUMITOMO CHEMICAL ITALIA S.R.L., Tiogold disperss - UPL Italia S.R.L., Penncozeb DG - UPL Italia S.R.L.)
15/06/2020	Trattamento di difesa / Fitoregolatori	Oidio, Peronospora (Folpec 80 WG Advance - ASCENZA (SAPEC) AGRO, Spirox - ARYSTA LIFESCIENCE (AGRIPHAR), Tiogold disperss - UPL Italia S.R.L., Silbot 500 SC - SUMITOMO CHEMICAL ITALIA S.R.L.)
04/06/2020	Trattamento di difesa / Fitoregolatori	Peronospora, Oidio (Spirostar - ARYSTA LIFESCIENCE (AGRIPHAR), Enervin Top - BASF ITALIA SPA)
28/05/2020	Trattamento di difesa / Fitoregolatori	Peronospora, Oidio (Polyram DF - BASF ITALIA SPA, Tiogold disperss - UPL Italia S.R.L.)
21/05/2020	Trattamento di difesa / Fitoregolatori	Peronospora, Oidio (Folpec 80 WG Advance - ASCENZA (SAPEC) AGRO, Tiogold disperss - UPL Italia S.R.L.)
15/05/2020	Trattamento di difesa / Fitoregolatori	Peronospora, Oidio (Tiogold disperss - UPL Italia S.R.L., Polyram DF - BASF ITALIA SPA)
05/05/2020	Trattamento di difesa / Fitoregolatori	Oidio, Peronospora (Tiogold disperss - UPL Italia S.R.L., Polyram DF - BASF ITALIA SPA)
28/04/2020	Trattamento di difesa / Fitoregolatori	Peronospora, Oidio (Folpec 80 WG Advance - ASCENZA (SAPEC) AGRO, Tiogold disperss - UPL Italia S.R.L.)

Figura 22: Schema trattamenti fitosanitari effettuati da azienda “UP Canneto pavese”

Elenco principi attivi: folpet 80% (Folpec 80wg); zolfo 80% (Tiogold disperss); metiram 70% (Polyram df); spiroxamina 50% (Spirostar); metiram 44%+ ametoctradina 12% (Enervin top); dimetomorf 50% (Silbot 500sc) ossicloruro di rame 10%+idrossido di rame 10% (Grifon 280sc); meptil dinocap 35,70% (Karathane star)



Grafico 39: UP Croatina Canneto pavese 2020 – Peronospora (infezioni primarie)

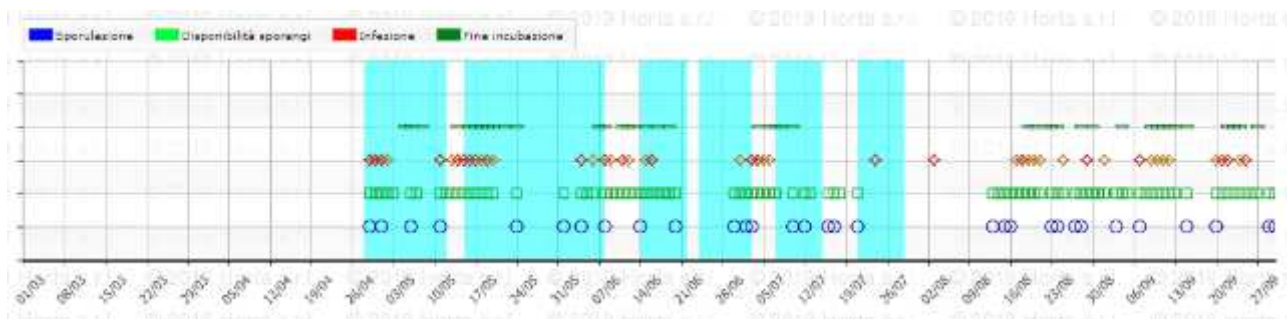


Grafico 40: UP Croatina Canneto pavese 2020 – Peronospora (infezioni secondarie)

Per quanto riguarda la peronospora in Oltrepò pavese, i numerosi eventi piovosi che si sono avuti nella prima metà del mese di giugno (circa 50 mm di pioggia caduti in undici

giorni su trenta del mese), quando la vite era in fase di fine fioritura/allegagione, hanno portato ad una prolungata bagnatura fogliare e al verificarsi in diverse zone di forti attacchi di peronospora larvata. Complice anche la suscettibilità varietale poiché la varietà che è risultata maggiormente colpita è stata la croatina.

I grappoli di uva colpiti da peronospora larvata presentano acini con danni caratterizzati da marciume interno a iniziare dal peduncolo; hanno generalmente rachidi sani come gli acini non colpiti. Tutte le manifestazioni della peronospora larvata sono molto variabili: la comparsa dell'attacco può essere visibile dopo pochi giorni dal momento dell'infezione oppure dopo molti. Quando l'attacco è limitato il grappolo può utilizzarsi perché scuotendolo gli acini colpiti cadono.

La peronospora larvata di norma produce i suoi attacchi subdoli dall'inizio dell'allegagione sino all'inizio dell'ingrossamento degli acini. Contro tale tipo di infezione, si consiglia di effettuare almeno due trattamenti cautelativi, uno all'inizio della fioritura e l'altro all'inizio dell'allegagione e anche un terzo se la fioritura si protrae a lungo, con impiego di agrofarmaci endoterapici e persistenti. Come sottolineato sopra, essendo il ciclo della peronospora «normale» strettamente legato all'andamento climatico, ogni annata fa storia a sé e gli attacchi su vite possono essere previsti in base al monitoraggio delle condizioni climatiche predisponenti. Più incerto, invece, è l'attacco della forma larvata del patogeno, di cui si sa soltanto che può infettare dall'inizio dell'allegagione sino alla prima fase dell'ingrossamento degli acini (Laccone G., 2014).

I grafici precedenti riportano le coperture dei trattamenti effettuati dall'azienda "UP Canneto pavese". La copertura nei confronti di *P. viticola* è risultata efficace.



Grafico 41: UP Croatina Canneto pavese 2020 – Oidio ascosporiche



Grafico 42: UP Croatina Canneto pavese 2020 – Pressione infettiva correlata alla suscettibilità fenologica 2020

La copertura nei confronti dell'oidio (grafico 41) è stata probabilmente troppo “debole” per lo scarso utilizzo di principi attivi citotropici-straslaminari. In data 21 luglio è stato fatto un trattamento con meptil-dinocap poiché erano presente infezioni conidiche sull'acino in fase di ingrossamento, probabilmente causate dal periodo di “scopertura” da 7 al 14 giugno dove la pressione infettiva correlata alla suscettibilità fenologica era elevata (grafico 42).

Sul fronte fitosanitario è stato soprattutto l'oidio a creare problemi nel corso della stagione 2020, talora con danni ingenti laddove la difesa non è stata gestita in modo accorto.

I picchi delle infezioni ascosporiche si sono verificati in corrispondenza dei numerosi eventi piovosi che si sono verificati verso la metà di maggio e la metà di giugno. Ad inizio giugno, nelle varietà più sensibili (moscato), nelle zone con le condizioni più favorevoli all'insediarsi della malattia (alta Valle Versa), risultavano evidenti su foglia i primi segni di infezione ascosporica.

Subito dopo l'allegagione, sempre su moscato, risultava chiaramente evidente il micelio fungino sviluppatosi a seguito di numerose infezioni conidiche.



Grafico 43: UP Croatina Canneto pavese 2020 – Botrite 2020

Per quanto riguarda la botrite (grafico 43), le piogge di maggio e giugno sono state probabilmente causa di infezioni conidiche insediatesi attraverso i residui dei bottoni fiorali e che sono rimaste latenti fino all'epoca di maturazione delle uve. I successivi eventi piovosi che si sono verificati a fine agosto ed inizio settembre hanno determinato l'evasione del micelio fungino.

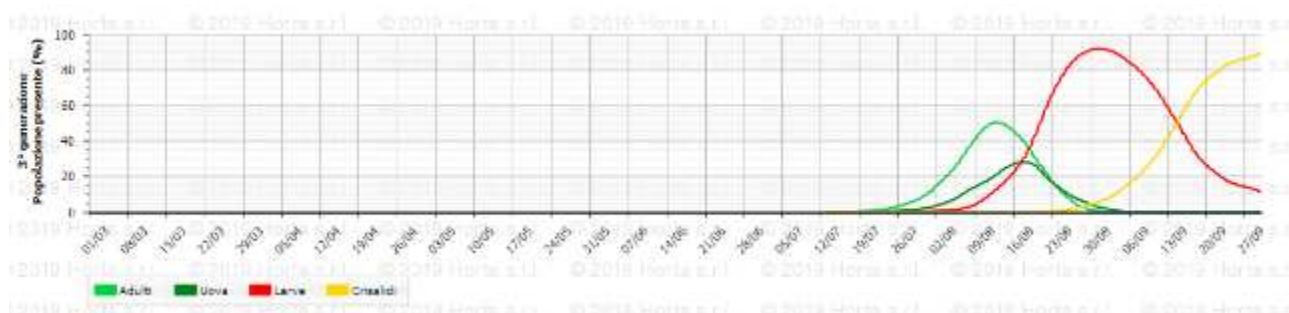


Grafico 44: UP Croatina Canneto pavese 2020 – Tignoletta 2020

Il 2020 è stata una stagione di alta pressione anche per *Lobesia botrana* (grafico 44), con interventi sulla terza generazione con ovolarvicidi specifici che sono stati effettuati, soprattutto nell'Oltrepò orientale, a partire dal 15 agosto.

UP Montecalvo Versiggia Barbera 2020

L'azienda "UP Montecalvo Versiggia" ha utilizzato il DSS Vite.net® durante la stagione 2020. Di seguito lo schema dei trattamenti eseguiti e i grafici riportanti i tempi di copertura per i singoli trattamenti (fasce azzurre) relativi ai rischi di infezione per oidio e peronospora.































	Data	Tipo operazione	Descrizione
  	20/07/2020	Treatmento di difesa / Fitoregolatori	Peronospora, Oidio (Tiogold dispers - UPL Italia S.R.L., Cyprus 25 WG - SUMITOMO CHEMICAL ITALIA S.R.L.)
  	07/07/2020	Treatmento di difesa / Fitoregolatori	Oidio (Zolfo ventilato scomposto 96% - Zolindustria)
  	10/05/2020	Treatmento di difesa / Fitoregolatori	Peronospora, Oidio (Cyprus 25 WG - SUMITOMO CHEMICAL ITALIA S.R.L., Tiogold dispers - UPL Italia S.R.L.)
  	20/05/2020	Treatmento di difesa / Fitoregolatori	Oidio, Peronospora (Cyprus 25 WG - SUMITOMO CHEMICAL ITALIA S.R.L., Tiogold dispers - UPL Italia S.R.L.)
  	11/05/2020	Treatmento di difesa / Fitoregolatori	Peronospora, Oidio (Cyprus 25 WG - SUMITOMO CHEMICAL ITALIA S.R.L., Tiogold dispers - UPL Italia S.R.L.)
  	06/05/2020	Treatmento di difesa / Fitoregolatori	Peronospora, Oidio (Cyprus 25 WG - SUMITOMO CHEMICAL ITALIA S.R.L., Tiogold dispers - UPL Italia S.R.L.)
  	30/05/2020	Treatmento di difesa / Fitoregolatori	Peronospora, Oidio (Tiogold dispers - UPL Italia S.R.L., Cyprus 25 WG - SUMITOMO CHEMICAL ITALIA S.R.L.)
  	24/05/2020	Treatmento di difesa / Fitoregolatori	Oidio, Peronospora (Tiogold dispers - UPL Italia S.R.L., Cyprus 25 WG - SUMITOMO CHEMICAL ITALIA S.R.L.)
  	17/05/2020	Treatmento di difesa / Fitoregolatori	Oidio, Peronospora (Tiogold dispers - UPL Italia S.R.L., Cyprus 25 WG - SUMITOMO CHEMICAL ITALIA S.R.L.)
  	10/05/2020	Treatmento di difesa / Fitoregolatori	Peronospora, Oidio (Cyprus 25 WG - SUMITOMO CHEMICAL ITALIA S.R.L., Tiogold dispers - UPL Italia S.R.L.)

Figura 23: Schema trattamenti fitosanitari effettuati da azienda “UP Montecalvo Versiggia”

Elenco principi attivi: ossicloruro di rame 25% (Cyprus 25wg); zolfo 80% (Tiogold disperss)

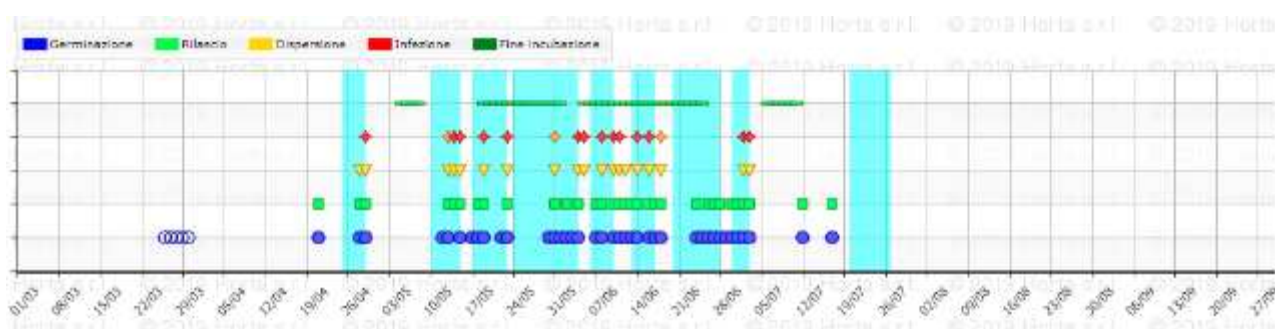


Grafico 45: UP Barbera Montecalvo Versiggia 2020 – Peronospora (infezioni primarie)

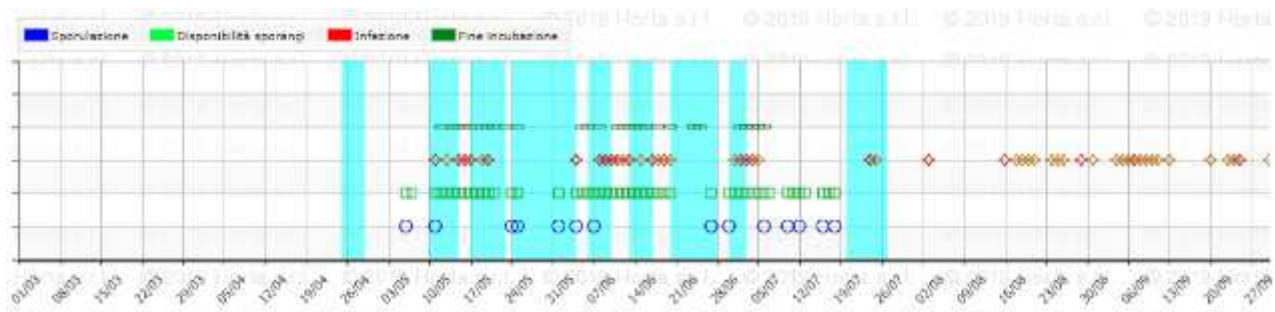


Grafico 46: UP Barbera Montecalvo Versiggia 2020 – Peronospora (infezioni secondarie)



Grafico 47: UP Barbera Montecalvo Versiggia 2020 – Oidio (infezioni ascosporiche)

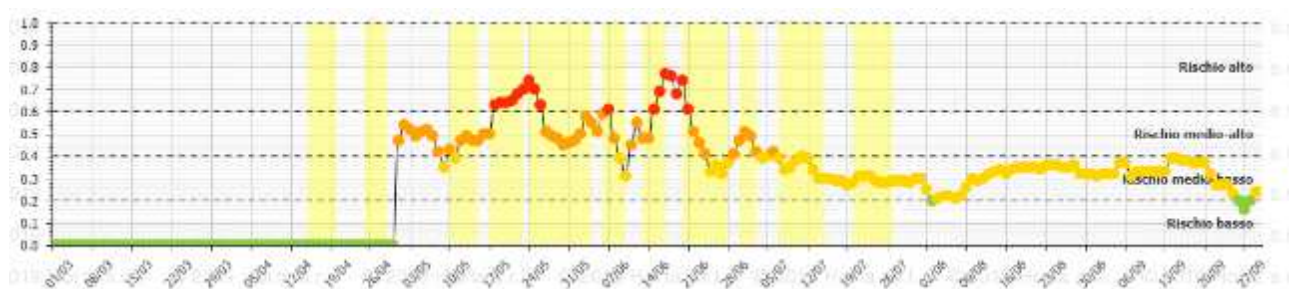


Grafico 48: UP Barbera Montecalvo Versigia 2020 - Pressione infettiva correlata alla suscettibilità fenologica 2020



Grafico 49: UP Barbera Montecalvo Versigia 2020 – Botrite 2020

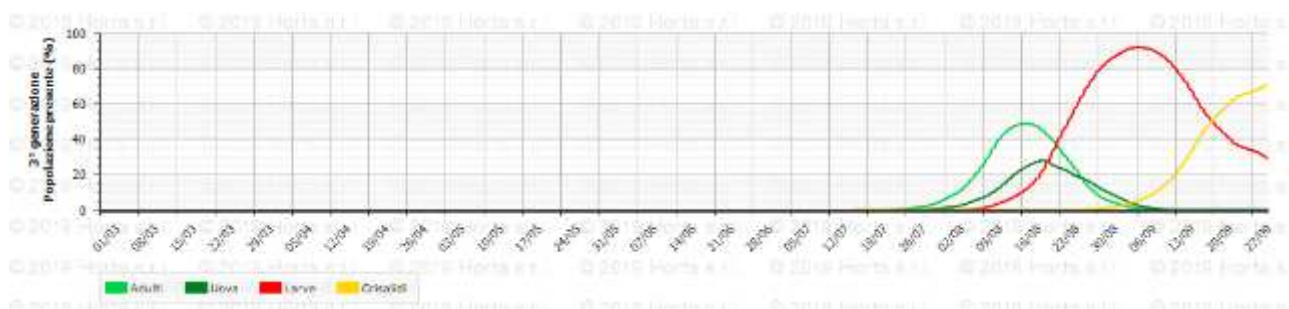


Grafico 50: UP Barbera Montecalvo Versigia 2020 – Tignoletta 2020

UP Brescia 2020

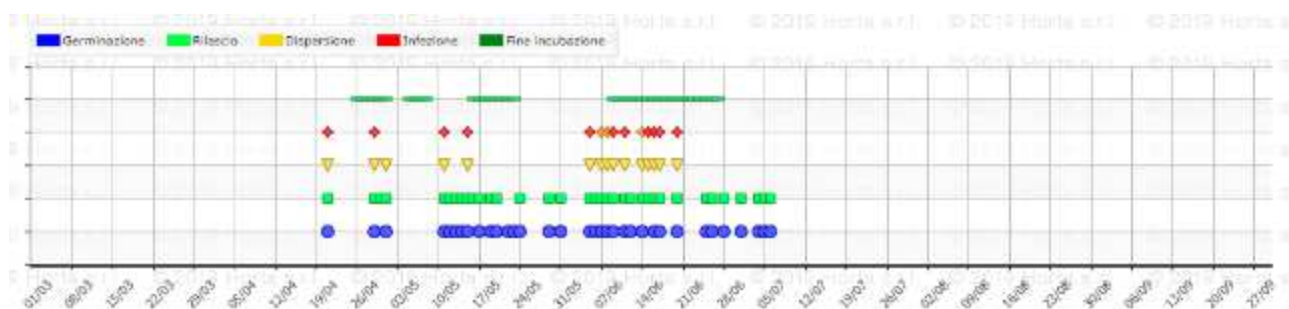


Grafico 51: UP Pinot grigio Brescia 2020 – Peronospora (Infezioni primarie)

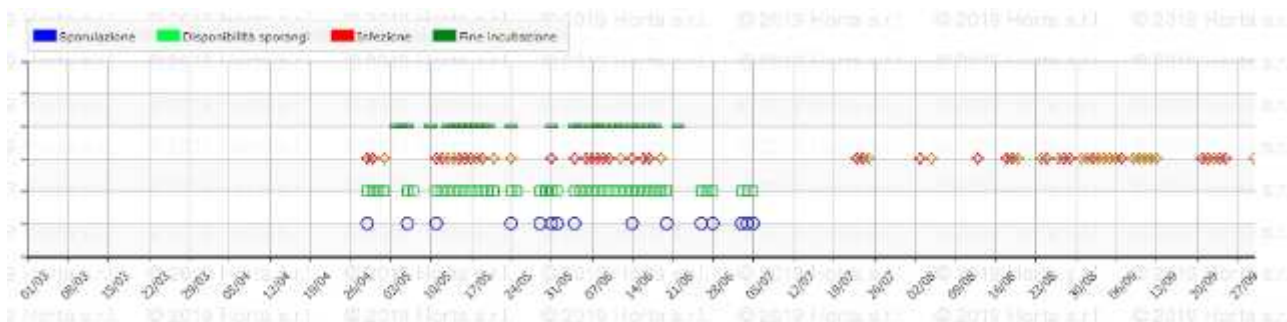


Grafico 52: UP Pinot grigio Brescia 2020 – Peronospora (Infezioni secondarie)

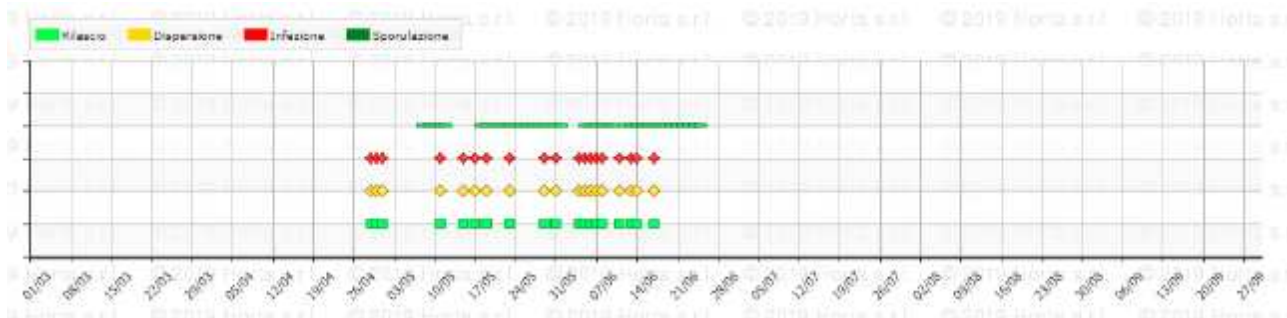


Grafico 53: UP Pinot grigio Brescia 2020 – Oidio ascoporiche



Grafico 54: UP Pinot grigio Brescia 2020 - Pressione infettiva correlata alla suscettibilità fenologica 2020

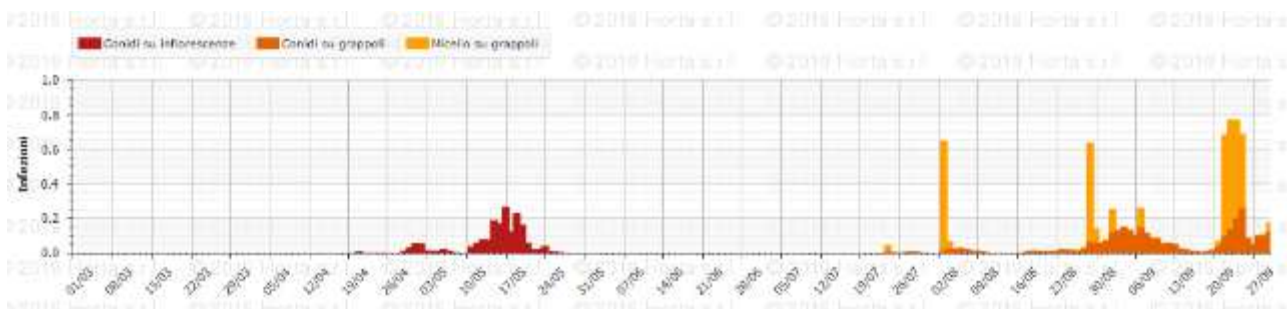


Grafico 55: UP Pinot grigio Brescia 2020 – Botrite 2020

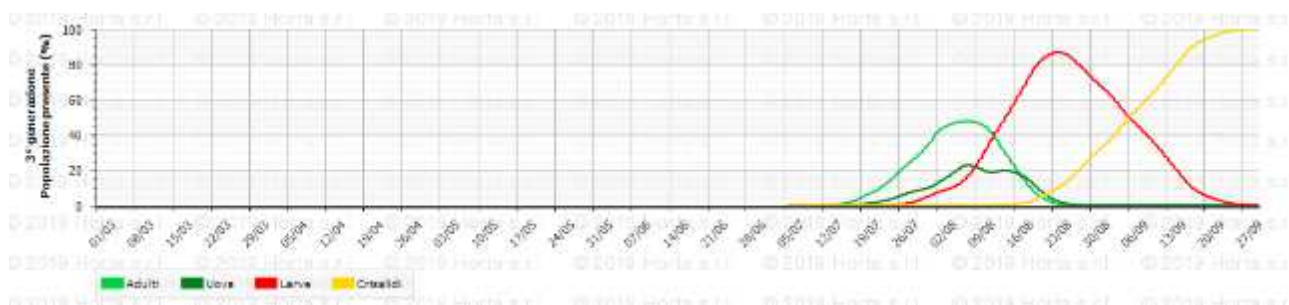


Grafico 56: UP Pinot grigio Brescia 2020 – Tignoletta 2020

UP Val Tidone 2020

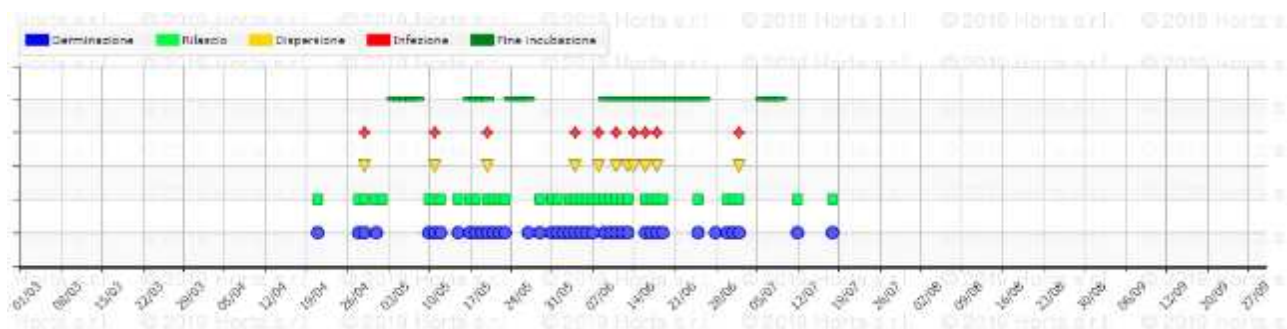


Grafico 57: UP Malvasia Val Tidone 2020 – Peronospora (infezioni primarie)

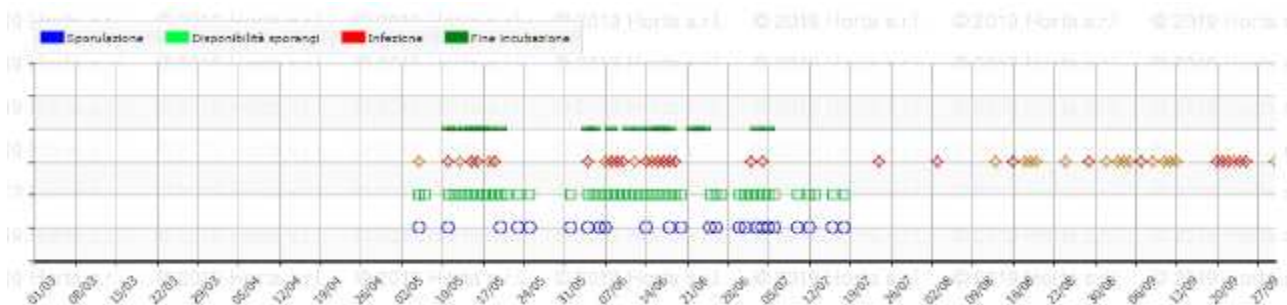


Grafico 58: UP Malvasia Val Tidone 2020 – Peronospora (infezioni secondarie)

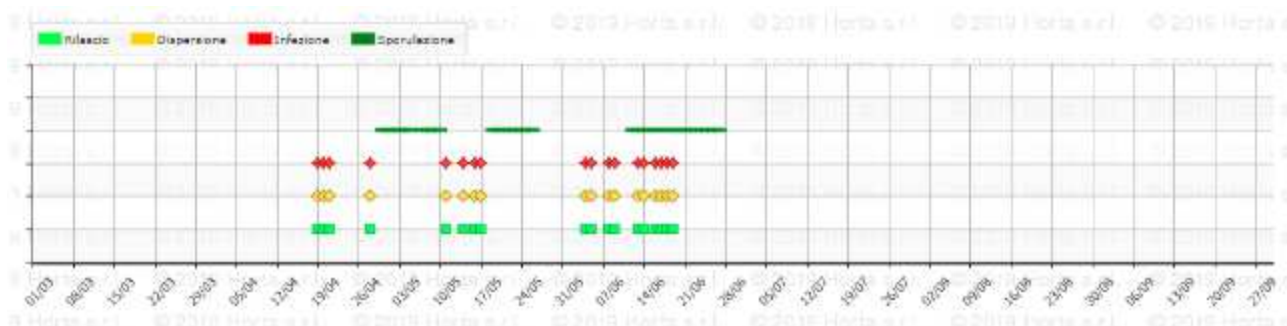


Grafico 59: UP Malvasia Val Tidone 2020 – Oidio ascosporiche



Grafico 60: UP Malvasia Val Tidone 2020 – Pressione infettiva correlata alla suscettibilità fenologica



3.4 Il questionario di gradimento

Alla fine della stagione 2019 è stato sottoposto un “questionario di valutazione dell’assistenza tecnica innovativa mediante l'utilizzo di DSS” ai soggetti coinvolti (agenti di Terrepadane) per valutare il loro approccio al nuovo strumento, il suo utilizzo, i punti di forza, le eventuali criticità ecc... (figura 24).

Di seguito le domande presenti nel questionario:

1. Utilizzo durante la stagione
2. Quanto sia stato utile, comprensibile, veloce
3. Velocità di riportare informazioni direttamente in campo
4. Utilità nel fidelizzare
5. Proposta del servizio al cliente
6. Interesse mostrato
7. Efficienza pratica nel supportare l’assistenza tecnica
8. Utilità nell’ottimizzazione della comunicazione interna
9. Utilità per la sostenibilità ambientale
10. Utilità per previsioni meteorologiche più dettagliate
11. Utilità ed efficienza dei modelli previsionali (peronospora, oidio...)
12. Aumento delle conoscenze
13. Utilizzo consigliato ai clienti
14. Miglioramento DSS

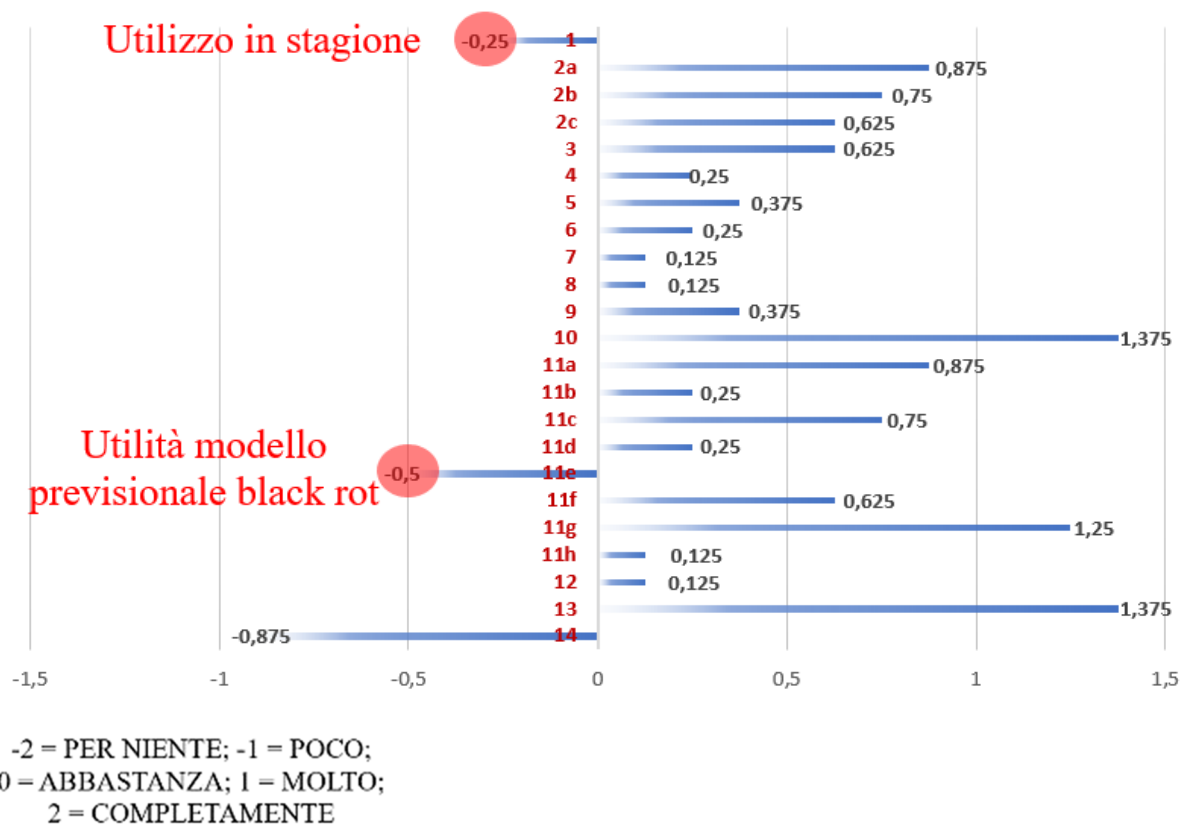


Figura 24: media risposte alle domande del questionario

Riassumendo, le risposte possono essere descritte come di seguito:

Domande con risposte medie negative:

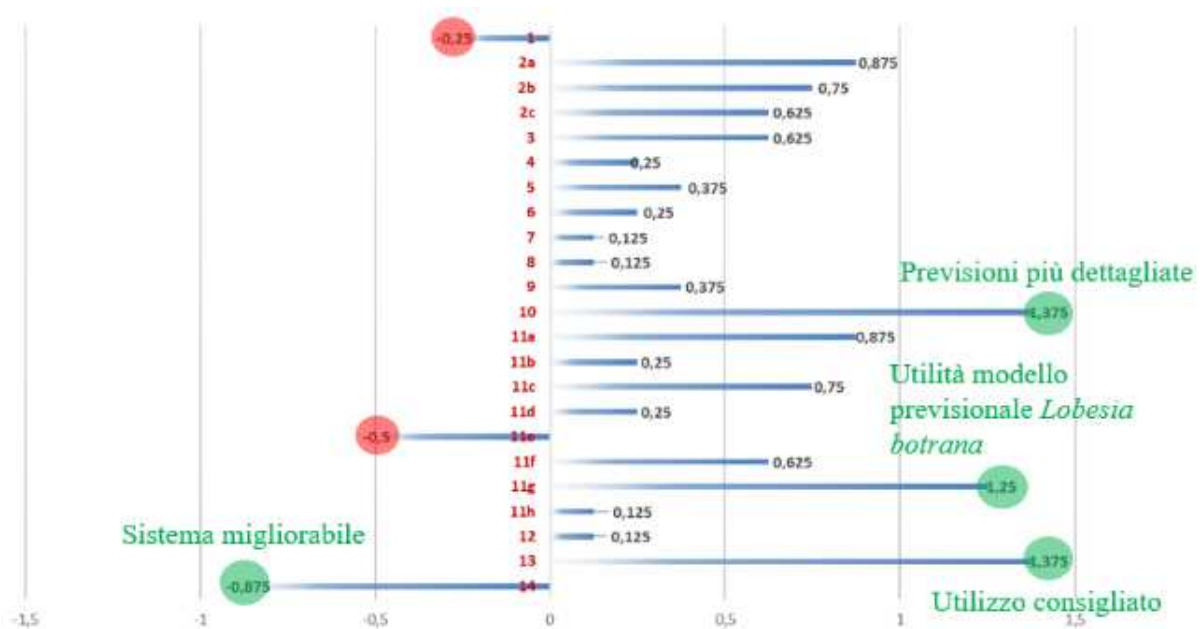
- 1) Quanto è stato utilizzato in stagione
- 4) Quanto è stato utile per fidelizzare il cliente
- 11E) Quanto è stato utile per avere un modello previsionale di black rot
- 14) Quanto può essere migliorato il sistema

Domande con risposte medie positive più alte:

- 10) Utilità per previsioni più dettagliate
- 11G) Modello previsionale del volo di Lobesia Botrana

13) Consigliaresti l'utilizzo ai clienti

Vite.net® risulta essere consultato mediamente in maniera sufficiente durante la stagione. Il limitato utilizzo risulta probabilmente dovuto a mancanza di tempo (Terrepadane come accennato è una realtà complessa). Il sistema è risultato inoltre mediamente utile nella fidelizzazione delle aziende, dal momento che il Consorzio opera in regime di clienti già completamente (o quasi) fidelizzati. Il sistema risulta inoltre essere stato un valido supporto nell'assistenza tecnica in campo. Il modello previsionale elaborato per il Black rot probabilmente non è stato consultato dagli agenti in quanto non si tratta di una malattia molto diffusa sul territorio d'interesse al progetto in un anno nel quale, in realtà, è tornata presente soprattutto in certe zone della Val Trebbia.



-2 = PER NIENTE; -1 = POCO;
 0 = ABBASTANZA; 1 = MOLTO;
 2 = COMPLETAMENTE

Figura 25: descrizione risposte al questionario

Vite.net® è risultato pratico per accedere a previsioni meteo più dettagliate, indipendente dal numero di accessi che sono stati registrati per singolo agente. Il modello previsionale di *L. botrana* si è rivelato in linea di massima corrispondente alla realtà. Dai nostri agenti l'utilizzo è stato consigliato ai clienti per la completezza e per la validità del sistema. Proprio a questo proposito, si può osservare una risposta ad esito negativo dalla valenza positiva, dal momento che riguarda il possibile miglioramento del DSS in questione. La risposta media ci porta ad affermare che il sistema è poco migliorabile per la sua effettiva completezza e semplicità di utilizzo.

La domanda n. 4 (utilità nel fidelizzare) ha una risposta positiva, ma «bassa», probabilmente perché la maggior parte delle aziende nei territori sui quali operiamo (principalmente val Tidone e Oltrepò pavese) sono molto tradizionaliste, e in certi casi si sono mostrate restie all'utilizzo di sistemi informatici a supporto dell'assistenza tecnica.

Nonostante non tutti i soggetti coinvolti abbiano sfruttato a pieno regime il DSS, per la maggior parte è risultato un prezioso aiuto al lavoro svolto durante la stagione, permettendo di razionalizzare le strategie di difesa ottimizzando la tempistica dei trattamenti (figura 25). L'obiettivo all'inizio di del secondo anno di dottorato è stato valutare se l'utilizzo di modelli previsionali potesse essere utile al servizio di assistenza tecnica di Terrepadane, migliorandolo e favorendo il rapporto di fidelizzazione con l'agricoltore e quindi essere utilizzato come strumento di supporto alla vendita.

Supporto alla vendita: «conquistiamo» la fiducia dell'azienda facendole ridurre il numero dei trattamenti. In questo modo l'azienda si servirà da noi anche per tutti gli altri servizi.

3.5 I pareri delle aziende

Le aziende che hanno operativamente avuto accesso a Vite.net® e Vite.snap per la stagione 2020 sono state:

- UP Canneto Pavese
- UP Montecalvo Versiggia

Le aziende hanno provato Vite.net® e ne sono state soddisfatte. Le aziende inoltre hanno considerato molto utili e verosimili i modelli per *L. botrana* e *S. titanus*.

In riferimento all'utilizzo del modello previsionale per la peronospora, l'azienda "UP Canneto Pavese" sostiene che abbia funzionato molto bene nel mese di giugno, mentre durante il mese di luglio il modello prevedeva non fossero previste infezioni quando poi in realtà infezioni ci sono state (effettivamente non risultano infezioni primarie, ma risultano infezioni secondarie da modello). In questo senso, molti agricoltori non sono riusciti a giustificare le numerose macchie d'olio apparse sulle foglie verso la metà di luglio (causate da infezioni secondarie), accompagnate anche da sporadici fenomeni di peronospora larvata.

4.0 CONCLUSIONI

4.1 Punti critici

Per approfondire i punti critici del sistema, si è proceduto all'analisi swot. Questa (conosciuta anche come matrice swot) è uno strumento di pianificazione strategica usato per valutare i punti di forza (*strengths*), le debolezze (*weaknesses*), le opportunità (*opportunities*) e le minacce (*threats*) di un progetto o in un'impresa o in ogni altra situazione in cui un'organizzazione o un individuo debba svolgere una decisione per il raggiungimento di un obiettivo. L'analisi può riguardare l'ambiente interno (analizzando punti di forza e di debolezza) o esterno di un'organizzazione (analizzando minacce ed opportunità).

Di seguito vediamo riassunti i quattro punti in valutazione in riferimento ai DSS.

Analisi SWOT



Figura 26: schema di analisi SWOT

Analizziamo ora un dettaglio dei punti favorevoli del sistema, estrapolati dai quadranti dei punti di forza e delle opportunità.

PUNTI DI FORZA

- Migliore tempistica: grazie all'invio immediato degli allarmi da parte del sistema, tramite sms, o comunque grazie all'ingresso giornaliero nel DSS, gli interventi fitosanitari sono stati più tempestivi in funzione dell'avversità presente.
- Risparmio costi: riprendiamo la figura 16 del precedente capitolo 2 riferito a materiali e metodi:

DATA	TRATTAMENTI		Principio Attivo
	AZIENDA CONVENZIONALE	AZIENDA VITE.NET	
	Nome commerciale	Nome commerciale	
30/04/2019	Polyram df	-	Metiram 70%
	Spirox	- 1	Spiroxamina 50%
07/05/2019	Polyram df	Polyram df	Metiram 70%
	Karathane Star	Karathane Star	Meptil dinocap 35,70%
17/05/2019	Polyram df	Polyram df	Metiram 70%
	Karathane Star	Karathane Star	Meptil dinocap 35,70%
	Tiogold disperss	Tiogold disperss	Zolfo 80%
27/05/2019	Sercadis	Sercadis	Fluxapyroxad 26,5%
	Delan Pro	Delan Pro	Dithianon 9,1%+Fosfonato di K 40,87%
06/06/2019	Spirox	-	Spiroxamina 50%
	Penncozeb dg	- 2	Mancozeb 70%
	Forum 50wp		Dimetomorf 50%
14/06/2019	Miclochem	Miclochem	Miclobutanil 4,2%
	Delan Pro	Delan Pro	Dithianon 9,1%+Fosfonato di K 40,87%
28/06/2019	Welter mz wg	Welter mz wg	Mancozeb 64%+Metalaxil 8%
	Miclochem	Miclochem	Miclobutanil 4,2%
10/07/2019	Pergado f	-	Folpet 40%+Mandipropamide 5%
	Flint	- 3	Trifloxistrobin 50%
24/07/2019	Cidely	Cidely	Ciflufenamide 5,1%
	Grifon più	Grifon più	Ossicloruro di Cu 14% +Idrossido di Cu 14%
01/08/2019	Thiopron	Thiopron	Zolfo 57,3%
	Verdram Hi Bio	Verdram Hi Bio	Ossicloruro di Cu 30%

Figura 27: schema trattamenti fitosanitari UP Montecalvo Versiggia 2019 tesi “convenzionale” e “Vite.net®”

Come vediamo, in un'annata considerata standard come il 2019, ci troviamo di fronte a n. 3 trattamenti risparmiati grazie all'utilizzo dei DSS.

Nello specifico, consideriamo un risparmio di 30€/ha per il trattamento del 30/04/19, e di 40€/ha per i due trattamenti successivi. Totale sono 110€/ha di risparmio riferiti ai

soli costi dei singoli prodotti utilizzati. Aggiungendo il tempo risparmiato dall'operatore ed il costo del gasolio, possiamo considerare di avvicinarci ad una cifra di poco inferiore ai 200€/ha/anno.

- Accrescere la conoscenza: sia interna all'azienda, grazie alla formazione sull'utilizzo dei DSS alla forza vendite del Consorzio Agrario Terrepadane, sia esterna, grazie alla formazione/condivisione sui clienti.
- Migliore uva: il minor numero di trattamenti effettuati porta, in primis, ad una minore quantità di residui sul prodotto finito.
- Sostenibilità: intesa sia ambientale (meno agrofarmaci) sia economica (meno costi) sia sociale (maggior risparmio e di conseguenza remunerazione).

OPPORTUNITA'

- Fidelizzare: più volte sottolineata l'importanza del Consorzio di fidelizzare i propri clienti anche tramite la proposta di servizi innovativi, quali sono i DSS
- Accesso al sistema: permette a tutti gli utilizzatori finali (aziende agricole) di accedere velocemente ad un sistema intuitivo ed affidabile.
- Certificazioni di sostenibilità: possibilità da parte dell'utilizzatore finale di ottenere certificazioni aggiuntive attestanti la qualità grazie all'utilizzo di sistemi sostenibili.
- Conformazione ai principi di produzione integrata: i DSS permettono ed aiutano ad effettuare i trattamenti solamente in presenza della reale presenza dell'avversità e/o del raggiungimento della soglia di intervento.

Di seguito a confronto un dettaglio dei punti critici del sistema, estrapolati dai quadranti dei punti di debolezza e delle minacce.

PUNTI DI DEBOLEZZA

- Costo iniziale: incide in maniera più o meno significativa in base alla tipologia di azienda ed al mercato nel quale opera.

- Limiti di utilizzo: per aziende in zone svantaggiate/non a corpo unico o con forti pendenze (molta viticoltura viene svolta in areali di collina), dove la digitalizzazione non è ancora completa.
- Decisioni a carico del tecnico: anche uno strumento tecnologicamente all'avanguardia come il DSS non può prescindere dalle decisioni del tecnico e dal monitoraggio in campo, il cui apporto resta fondamentale per le decisioni finali.
- Monitoraggio continuo: l'informazione derivante dai modelli previsionali necessita di una fase di validazione e deve essere integrata con controlli e rilievi di campo.

MINACCE

- Altri DSS presenti sul mercato: nel capitolo 1.5 abbiamo elencato alcuni dei Modelli Previsionali disponibili sul mercato. In generale possiamo dire che una volta che un DSS è stato calibrato e convalidato rispetto a dati reali, è importante valutarlo per capire se il suo utilizzo porta a vantaggi reali nei programmi di difesa, uniti a vantaggi economici. A tal fine, possiamo affermare che il DSS utilizzato in questo percorso di dottorato, denominato Vite.net®, è stato oggetto di osservazioni per provare ed eventualmente quantificare i vantaggi in termini di contenimento delle infestanti, uso razionale dei prodotti chimici, aumento della resa e qualità delle colture.

In generale Vite.net® (Fonte: <https://www.horta-srl.it/sito/en/portfolio-item/vite-net/>), implementato per tutela del vigneto, ha consentito un risparmio di 195€/ha/anno riducendo la quantità di fungicidi in media del 24%, rispetto alla pratica standard dell'agricoltura convenzionale in Italia.

- Diffidenza in generale nel DSS (rispetto ai trattamenti a calendario): come detto il contesto nel quale operiamo risulta ancora poco propenso alle innovazioni.

Qui possiamo dire che l'implementazione di successo dei DSS richiede incentivi adeguati agli agricoltori allo scopo che tali informazioni e strumenti per il monitoraggio dei parassiti siano messi a disposizione degli utenti professionali. Questi strumenti sono progettati per supportare gli utenti finali fornendo allarmi precoci, facilitando il

monitoraggio dei parassiti, fornendo diagnosi precoce, previsioni sulla dinamica dei parassiti e fornitura di soglie solide per l'applicazione di agrofarmaci. Nel quadro di implementazione dei DSS, diventa di fondamentale importanza fornire agli utenti finali DSS che risultino affidabili, facili da usare, accessibili e aggiornati.

Questa diffidenza generale può tranquillamente essere affrontata, pur in un contesto ancora poco propenso alle innovazioni, attraverso un piano di comunicazione, prove dimostrative, testimonianze ecc...

- Efficienza e manutenzione delle stazioni metereologiche: come i precedenti, anche questo punto risulta essere superato. Rispetto ai primi tempi, le capannine richiedono una manutenzione sempre più veloce ed efficace, per un miglioramento generale delle stesse. Inoltre, la presenza di tecnici sempre più esperti, unita all'uso dell'App sugli smartphone, in grado di segnalare in tempo reale qualunque anomalia, permettono di monitorare il funzionamento delle capannine in maniera sempre più adeguata.

4.2 Obiettivi raggiunti

Parlando di sostenibilità ambientale, Terrepadane collabora attualmente alla stesura del bollettino fitosanitario di difesa integrata di regione Lombardia. In particolare, grazie alla collaborazione dei tecnici di diversi enti, è stato creato un allegato al bollettino, contenente le curve di volo ottenute dal monitoraggio delle forme adulte di *L. botrana* attraverso trappole manuali a pagoda posizionate nelle diverse zone di competenza di Terrepadane interessate da tale avversità. Questo al fine di identificare il picco di volo degli adulti e quindi il posizionamento ideale di trattamenti adulticidi o ovaricidi contro tale avversità.

Il bollettino di difesa è uno strumento di sostenibilità accreditato da regione Lombardia, strumento imprescindibile per consentire l'applicazione dell'agricoltura integrata e consultato da tutti i viticoltori dell'Oltrepò pavese e dell'intera regione.

Grazie alla coordinazione tra gli utenti coinvolti nell'utilizzo di Vite.net®, si è arrivati ad una diffusione delle informazioni dettagliate a tutte le aziende.

L'utilizzo di questo sistema ha portato ad un migliore riconoscimento dei patogeni e dei parassiti, ad una difesa più mirata dal punto di vista della tempistica e della quantità di fitofarmaci usati, conseguentemente ad un risparmio economico e ad una migliore qualità dell'uva.

Per quanto riguarda i modelli di rischio per le malattie fungine, sicuramente il “modello oidio” ha ampiamente dimostrato la propria efficacia e funzionalità in diverse condizioni ambientali, permettendo di contenere adeguatamente la malattia, di ridurre il numero di trattamenti e di ritardare l'insorgenza della fase epidemica fino al momento della comparsa della resistenza ontogenetica del grappolo. Il risultato finale è consistito nel rendere più efficace e facile la difesa dall'oidio nel corso dell'intera stagione (Legler, 2020). Tutto questo è riuscito a soddisfare le esigenze del cliente e quindi a fidelizzarlo.

Alla luce di ciò si può affermare che uno degli obiettivi posti all'inizio del dottorato, ovvero valutare se l'utilizzo di stazioni meteorologiche associate a modelli previsionali

potesse essere utile al servizio di assistenza tecnica di Terrepadane, migliorandolo e favorendo il rapporto di fidelizzazione con l'agricoltore e quindi essere utilizzato come strumento di supporto alla vendita, è stato raggiunto.

In particolare, nel triennio, si può affermare che il sistema Vite.net® è risultato:

- ❖ poco migliorabile per la completezza e la semplicità di utilizzo;
- ❖ utile supporto all'assistenza tecnica: l'utilizzo del DSS da parte del tecnico ha permesso all'azienda oggetto di studio di ridurre il numero dei trattamenti effettuati;
- ❖ utile supporto alla vendita;
- ❖ particolarmente utile come supporto al monitoraggio di *L. botrana*.

Possiamo affermare che dati come l'inizio voli/picco voli individuati dalle visite in campo hanno trovato pieno riscontro con quanto indicato dai DSS.

In questa direzione, il modello previsionale del volo di tignoletta è risultato un fedele aiuto e supporto al monitoraggio di campo.

4.3 Prospettive per il futuro

È importante sottolineare come in ogni stagione, per qualsiasi coltura, risulti di fondamentale importanza l'assistenza tecnica a supporto delle aziende agricole, per non incappare in «incidenti» come il subdolo attacco della peronospora larvata, evitabili con la presenza di una squadra di tecnici preparati, aggiornati e motivati, con una buona conoscenza del territorio e delle regole, che operi con affiatamento e continuità, per garantire l'elaborazione delle informazioni di base per un'efficace difesa integrata delle colture, guardando alla sostenibilità.

Vite.net® è stato progettato come uno «strumento» capace di fornire assistenza e informazioni aggiuntive e non per sostituire colui che effettua le visite in campo e prende le decisioni circa la gestione del vigneto (Salinari F. *et al.*, 2012).

Alla luce di tutto ciò l'utilizzo di questo strumento è stato estremamente utile al lavoro dei tecnici agronomici e per le prossime stagioni l'obiettivo è quello di implementarne

l'utilizzo, sia da parte da parte dei tecnici, sia facendolo conoscere alle aziende agricole.

In realtà complesse come il Consorzio Agrario Terrepadane, il cui ruolo non si ferma alla sola vendita dei mezzi tecnici, ma vuole essere un vero e proprio partner per il territorio e per le aziende agricole attraverso la propria rete di Tecnici agronomi, sarà fondamentale continuare a poter disporre dell'utilizzo di Vite.net[®], strumento fondamentale nell'agricoltura del futuro, che vuole essere sempre più efficiente, innovativa ed ecosostenibile per garantire la sopravvivenza delle future generazioni e dell'intero pianeta.

5.0 BIBLIOGRAFIA

Baldacci E., 1963, “Disease and treatments of the vine”

Blaeser M., 1978, “The significance of sporulation, dispersal and germination of sporangia of *Plasmopara viticola*”

Boselli M, Scannavini M., Melandri M., 2000, “Confronto fra strategie di difesa contro la tignoletta della vite” *Informatore Agrario* 19/2000

Braun U., Cook, R. T. A., Inman, A. J., & Shin, H. D. 2002, *The taxonomy of the powdery mildew fungi*. In: R. R. Belanger, W. R. Bushnell, A. J. Dik, & T. L. W. Carver, eds. *The Powdery Mildews: A Comprehensive Treatise*. APS Press. St. Paul, pp. 13-55

Burruano, 1986, “Influenza della temperatura sulla germinazione delle oospore di *Plasmopara viticola*”

Burruano, 1999, “A cytological and ultrastructural study on the maturation and germination of oospores of *Plasmopara viticola* from overwintering vine leaves”

Butt D.J., 1978. *Epidemiology of the powdery mildews*. The Powdery mildews. D.M. Spencer, ed. Academic Press, London, pp. 51-81

Caffi T., 2016. Effect of temperature and wetness duration on infection by *Plasmopara viticola* and on post-inoculation efficacy of copper

Caffi T., Rossi V., 2018, “I DSS nelle strategie di difesa” VVQ n. 2 marzo 2018

Caffi T., Legler S.E., Carotenuto E., Bugiani R., Rossi V., 2015, “Il contributo dei modelli”, “L’oidio della vite: prospettive per l’uso sostenibile dei prodotti fitosanitari”

Calonnec A., Cartolaro P., Naulin J.M., Bailey D. & Langlais M., 2008, *A host-pathogen simulation model: powdery mildew of grapevine*. Plant Pathology 57: pp. 493-508

Capri E., Toninato L., 2012, “Sostenibilità, come si applica in agricoltura” L’Informatore Agrario n. 1/2012 pp. 63-67

Carisse O., Bacon R. & Lefebvre A., 2009. *Grape powdery mildew (Erysiphe necator) risk assessment based on airborne conidium concentration*. Crop Prot 28: pp. 1036-1044.

Carotenuto E., “Difesa del vigneto con i sistemi di supporto alle decisioni”, L’Informatore Agrario 23/2018 pp. 47-49

Castaldi R., Tomasi D., 2019, “Problemi di germogliamento su vite al centro Nord”, Informatore Agrario n. 19/2019

Desiato F., Fioravanti G., Frascchetti P., Perconti W., Piervitali E. (ISPRA), Pavan V. (ARPAE), 2019, “Gli indicatori del clima in Italia nel 2018”, ISPRA giugno 2019

Fioravanti G., Frascchetti P., Lena F., Perconti W., Piervitali E. (ISPRA); Pavan V., (ARPAE), 2019, Istituto Superiore per la Ricerca e Protezione Ambientale, “Gli indicatori del clima in Italia nel 2019”, Stato dell’ambiente 94

Gadoury D. M., & Pearson R. C. 1990, *Ascocarp dehiscence and ascospore discharge in Uncinula necator*. Phytopathology 80: pp. 393-401

Gadoury D.M., Seem R.C., Ficke A. & Wilcox W.F., 2003, *Ontogenic resistance to powdery mildew in grape berries*. Phytopathology 93: pp. 547-555

Gee L. M., Stummer B. E., Gadoury D. M., Biggins L. T. & Scott E. S., 2000, *Maturation of cleistothecia of Uncinula necator (powdery mildew) and release of ascospores in southern Australia*. Australian Journal of Grape and Wine Research 6: pp. 13-20

Gessler C., Rumbou A., Gobbin D., Loskill B., Pertot I., Raynal M. And Jermini M., 2003, A change in our conception of the life cycle of *Plasmopara Viticola*: Oosporic infections versus asexual reproduction in epidemics. *Iobc/Wprs Bulletin* 26(8): pp. 13-16

Gobbin D., 2005, Importance of secondary inoculum of *Plasmopara viticola* to epidemics of grapevine downy mildew

Hajjeh H., Miazzi M. & Faretra F., 2008, *Overwintering of Erysiphe necator Schw. in southern Italy*. J. Plant Pathol. 90: pp. 323-330

International Workshop on Grapevine Powdery and Downy Mildew, Napa, CA (USA), 2014, pp. 48-9.

Jailloux, F., Willocquet L., Chapuis L. & Froidefond G., 1999, *Effect of weather factors on the release of ascospores of Uncinula necator, the cause of grape powdery mildew, in the Bordeaux region*. Canadian Journal of Botany 77: pp. 1044-1051

Kennelly, M. M., Gadoury, D. M., Wilcox, W. F., Magarey, P. A., & Seem, R. C., 2007, *Primary infection, lesion productivity, and survival of sporangia in the grapevine downy mildew pathogen, Plasmopara viticola*. *Phytopathology*, 97, pp. 512–522

Laccone G., 2014, “Annata 2014, forti attacchi di peronospora larvata su uva da tavola”, *L’Informatore Agrario* 47/2014 pp. 14-15

Laffelaar P.A. (Ed.), 1993, *On Systems Analysis and Simulation of Ecological Processes*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

Legler S. E., 2020, ricerca e sviluppo horta, “Gestire le fasi finali della stagione e il post raccolta, oidio, non abbassiamo la guardia”

Legler S. E., Caffi T. & Rossi V., 2011, *A nonlinear model for temperaturedependent development of Erysiphe necator chasmothecia on grapevine leaves*. *Plant Pathol.* 61: pp. 96–105

Legler S. E., Caffi T. & Rossi V., 2014, *A model for the development of Erysiphe necator chasmothecia in vineyards*. *Plant Pathol.* 63: pp. 911–921

Lucchini A., Giotti D., Bagnoli B., 2007, “Efficacia della confusione sessuale contro tignoletta”, *Informatore Agrario* n. 17/2007

Manuale vitivinicolo dell’Oltrepò pavese, 2017, Regione Lombardia

Marchesini E., Boix J., Marchi G., Rossi R., Martin D., 2020, “Impiego dei feromoni in aerosol contro le tignole della vite” *Informatore Agrario* 35/2020

Marinello F., Sozzi M., Cogato A., Sartori L., 2020, “App, dss, sensori: una panoramica sulle novità” L’Informatore Agrario n. 13/2020 pp. 54

Miazzi M., Hajjeh H. & Faretra F., 2003, *Observations on the population biology of the grape powdery mildew fungus Uncinula necator*. J. Plant Pathol. 85: pp. 123-129

Palese C., “Modelli virtuosi di assistenza tecnica in viticoltura”, 2012, L’informatore agrario 27/2012 pp. 60-62

Palou, 2013 - Incidence and etiology of postharvest fungal diseases of pomegranate (*Punica granatum* cv. Mollar de Elche) in Spain

Pearson R. C., & Gadoury D. M. 1987. *Cleistothecia, the Source of Primary Inoculum for Grape Powdery Mildew in New York*. Phytopathology 77: pp. 1509-1514

Pearson R.C. & Gartel W., 1985, *Occurrence of hyphae of Uncinula necator in buds of grapevine*. Plant Disease 69: pp. 149-151

Rademacher M.R., Gubler W.D., 2002, *Overwintering of Uncinula necator in dormant grape buds: a histological study*. In: Gadoury DM, Gessler C, Grove G, Gubler WD, Hill GK, Kassemeyer HH, Kast WK, Rumbolz J, Scott ES, eds. 4th

Rossi V., 2014, Addressing the implementation problem in agricultural decision support systems the example of vite.net

Rossi V., Caffi T., 2010, L’Oidio della vite: prospettive per l’uso sostenibile dei prodotti fitosanitari

Rossi V., Caffi T. & Legler S.E. ,2010, *Dynamics of ascospore maturation and discharge in Erysiphe necator, the causal agent of grape powdery mildew*. Phytopathology 100: pp. 1321-1329

Rossi V., Caffi T., Legler S. E., Carotenuto E., Bigot G., 2014, “Large-scale application of a web-based Decision Support System for sustainable viticulture”, *Integrated protection and production in Viticulture IOBC-WPRS Bulletin Vol. 105*, pp. 129-136

Rossi V., Caffi T., Melandri M. & Pradolesi G., 2006, *Aggiornamenti sul mal bianco della vite*. Agronomica 2: pp. 32-48

Rossi V., Giosue S. & Caffi T., 2010, *Modelling Plant diseases for decision making in crop protection*. In: Precision Crop Protection - The Challenge and Use of Heterogeneity, Oerke, E.C., Gerhards, R., Menz, G., Sikora, R.A. (eds), Springer Science, Dordrecht (NL), pp. 241- 258

Rossi V., Onesti G., Legler S. E. & Caffi T., 2014, *Use of systems analysis to develop plant disease models based on literature data: grape black-rot as a case-study*. Eur. J. Plant Pathol

Rossi V., Sperandio G., Caffi T., Simonetto A., Gilioli G., 2019, “Critical success factors for the adoption of decision tools in IPM”, *Agronomy* 2019, pp. 9, 710

Rossi V., Caffi T., Gobbin D., 2013, “Contribution of molecular studies to botanical epidemiology and disease modelling grapevine downy mildew as a case-study”

Salinari F., Poni S., Rossi V., “Vite.net™, 2012, gestione del vigneto attraverso internet” L’Informatore Agrario 43/2012 pp. 57-62

Sall M.A. & Wrysinski J., 1982, *Perennation of powdery mildew in bud of grapevines*. Plant Disease 66: pp. 678

Scannavini M., Cavazza, F. Franceschelli, G. Alvisi, Cristiani C., Ponti D., Pradolesi G., Melandri M., Boselli M., 2010, “Contro la tignoletta della vite arriva emamectina benzoato” Informatore Agrario 26/2010

Vercesi A., 2010, A new approach to modelling the dynamics of oospore germination in *Plasmopara viticola*

Vercesi A., Toffolatti S., 2012, QoI resistance in *Plasmopara viticola* in Italy: evolution and management strategies

Vercesi A., Toffolatti S.L., Venturini G., Campia P., 2014, “Botrytis cinerea: biologia, epidemiologia e difesa” Informatore Agrario 21/2014 pp. 4-8

Williams, 2007, “Effect of temperature and light intensity on early infection behaviour of a Western Australian isolate of *Plasmopara viticola*, the downy mildew pathogen of grapevine”

Wilocquet, L., Colombet, D., Rougier, M., Fargues, J., & Clerjeau, M., 1996, *Effects of radiation, especially ultraviolet B, on conidial germination and mycelial growth of grape powdery mildew*. European Journal of Plant Pathology 102, pp. 441–449

Zangheri S., Briolini G., Cravedi P., Duso C., Molinari F., Pasqualini E., 1992, “Lepidotteri dei fruttiferi e della vite”, Edizione l’Informatore Agrario Bayer

RINGRAZIAMENTI

Desidero esprimere la mia riconoscenza nei confronti di tutte le persone che, in modi diversi, mi sono state vicine e hanno permesso e incoraggiato la realizzazione di questo percorso di studi e la stesura di questa tesi.

I miei più sentiti ringraziamenti vanno in particolar modo:

- al Professor Vittorio Rossi, per avermi suggerito di intraprendere questo lavoro di ricerca.**
- al Professor Tito Caffi per l'aiuto costante, per la rilettura critica di tutti i capitoli della tesi e per avermi guidato con i suoi suggerimenti durante la conclusione di questo percorso formativo, ma soprattutto per la fiducia sempre dimostrata.**
- alla Dr.ssa Roberta Tedesco, per il prezioso lavoro di coordinamento e prontezza nei chiarimenti.**
- al Consorzio Agrario Terrepadane, che mi ha offerto questa opportunità nel pieno del mio percorso lavorativo, pur consapevole che questo avrebbe sacrificato del tempo all'azienda.**

In particolare ringrazio il Direttore Generale dr. Dante Pattini per avermi offerto l'opportunità di un'ulteriore crescita professionale.

Ringrazio Elisabetta, Patrizia ed Alice dello staff delle Risorse umane e dell'Ufficio personale e Segreteria di Terrepadane, per la precisa attività di organizzazione.

- ai miei colleghi, che ogni giorno hanno condiviso con me gioie, sacrifici e successi, senza voltarmi mai le spalle. L'affetto e il sostegno che mi hanno dimostrato rendono questo traguardo ancora più prezioso.**
- alla mia famiglia, in particolare a mia madre e mio padre: è grazie al loro incoraggiamento se oggi sono riuscito a raggiungere questo traguardo.**
- a Silvia, perché durante il triennio di studi c'è sempre stata.**